

Mathématique de la planète Terre



Mathématique de la planète Terre 2013

- Un effort conjoint lancé par 13 instituts de Mathématiques de l'Amérique du Nord
- Des instituts et des organisations partout dans le monde sont maintenant partenaires
- www.mpe2013.org





**Tim Killeen, Directeur Adjoint, US
National Science Foundation:**

**•C'est le défi du siècle: Comment
pouvons-nous vivre de manière durable
sur la planète?**

•Nous devons tous contribuer.

Mathématique de la planète Terre: Utiliser des Méthodes des Sciences Mathématiques pour Résoudre des Problèmes de la Société

- Connecte beaucoup de mes intérêts:
 - Environnement et pollution
 - Global change
 - Énergie
 - Santé et maladie
 - Sécurité et sûreté
 - Environnements humains durables



Mathématiques et les Sciences Sociales: Psychologie Mathématique

- Préférences, utilité, prise de décision:
Comment aidons-nous les gens à prendre de meilleures décisions?
- Si vous êtes indifférent entre a et b et indifférent entre b et c , êtes-vous indifférent entre a et c ?
- No: café / sucre exemple (Luce)

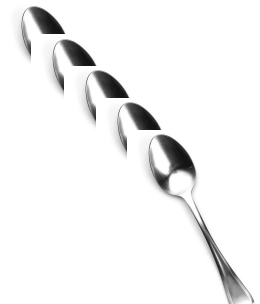
L'indifférence peut être non transitive



café sans sucre

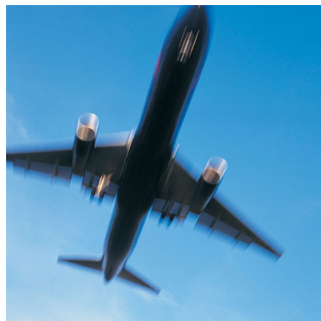


café + 5 cuillères à
soupe de sucre



Psychologie Mathématique

- Bruit: La pollution sonore!
 - Affecte notre envi de vie urbain
 - "Loudness" (intensité) est une composante de bruit, mais différent du bruit
 - Si les sons a et b semblent tout aussi fort et les sons b et c semblent tout aussi fort, es-que b et c semblent tout aussi fort?
 - No: café / sucre exemple
- "Tout aussi fort" ne peut pas être transitive**



Psychologie Mathématique

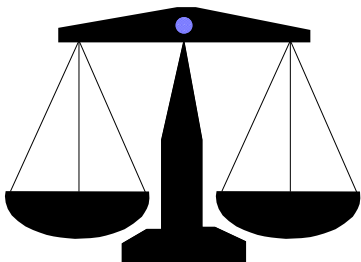
- *Théorie de la Mesure:*

- "Meaningfulness" (Signifiante)*

- Est-il "signifiant" de dire que un son semble 20% plus fort que un autre son?

$$f(a) = (1.2)f(b)$$

- Si chaque expert évalue l'intensité d'un son, est-il signifiant de dire que la note moyenne d'un son est supérieure à la note moyenne d'un deuxième son?



$$\sum_{i=1}^n f_i(a) > \sum_{i=1}^n f_i(b)$$



Multidisciplinarité

- Les problèmes de la société nécessitent des approches de diverses disciplines et il est nécessaire pour les personnes de différentes disciplines à travailler ensemble pour les résoudre.
- Sciences mathématiques ont un rôle clé à jouer: Souvent méthodes développées pour une application trouver des utilisations dans une autre application
- Théorie de la Mesure: Significance est un bon exemple

Signifiante: De la Psychologie à la Pollution Atmosphérique

- Pollution atmosphérique: *San Francisco (1960): la mesure pindex P* de la pollution atmosphérique combine la masse $m(i,t,k)$ de différents polluants i sur une période de temps t et en raison de la source k , normalisée par la facteur de sévérité $s(i)$
- $P(t,k) = \sum_i m(i,t,k)/s(i)$
- Est-il significatif de dire que "le transport" contribue à plus de 50% de la pollution?
$$P(t,k) > \sum_{k' \neq k} P(t,k')$$



Signifiante: De la Psychologie à l'Épidémiologie

- Epidémiologie: *Gravité de la toux* d'un malade tuberculose ou le VIH est mesuré sur une échelle de 1 à 5.
- Si chaque travailleur de la santé évalue la gravité de la toux d'un malade, est-il signifiant de dire que la note moyenne d'un malade est plus élevée que la note moyenne d'un deuxième malade?



$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i(\mathbf{a}) > \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i(\mathbf{b})$$

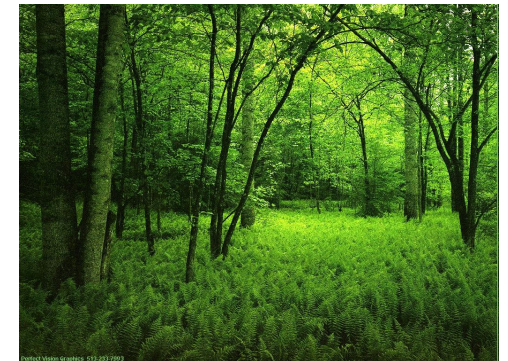


Signifiante: De la Psychologie à l'Écologie du Paysage

- l'Écologie du paysage: *Mesure de la santé de la forêt.*
 - Si chaque observateur mesure la santé d'une forêt, est-il signifiant de dire que la note moyenne d'une forêt est supérieure à la note moyenne d'une deuxième forêt?

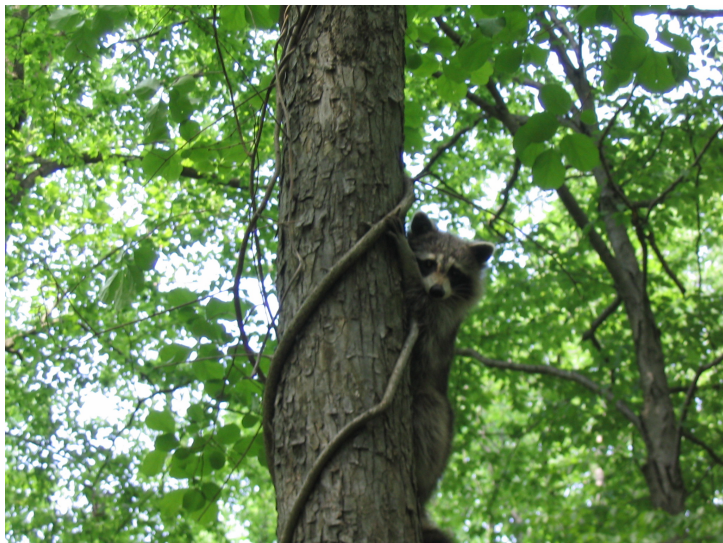


$$\begin{matrix} n & n \\ (1/n) \sum_{i=1} f_i(a) & > & (1/n) \sum_{i=1} f_i(b) \end{matrix}$$



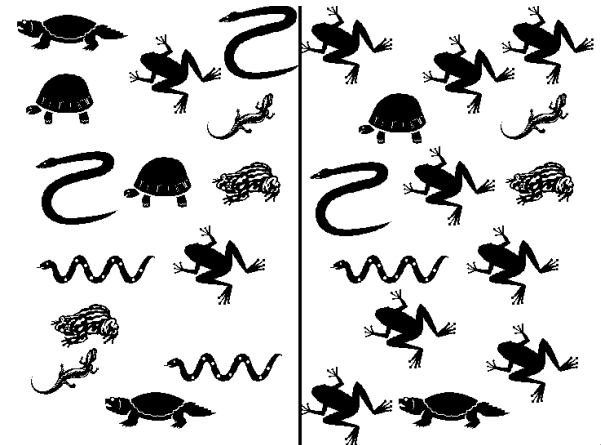
Signifiante: Biodiversité

- Une des *mesures de la santé de notre planète est le changement de la biodiversité.*
- Mais comment peut-on mesurer la biodiversité?
- Et est-il significatif de dire que la biodiversité augmente de 10%?

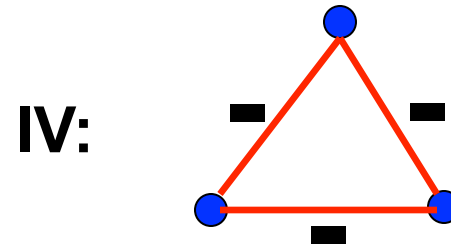
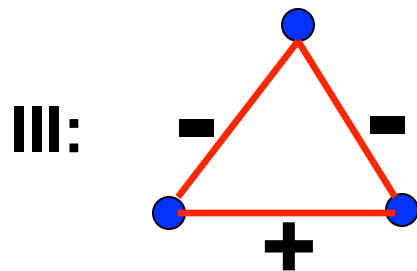
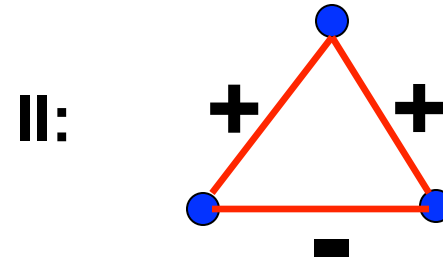
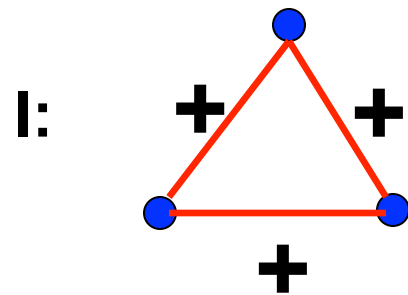


De la Biodiversité à l'Inégalité Sociale

- Une des mesures de la biodiversité est "*égalité*" - comment est répartie uniformément la population quant au nombre de chaque espèce?
- Une façon de mesurer est l'indice de Gini, qui a été initialement développé pour mesurer la répartition des richesses et l'inégalité qui en résulte.



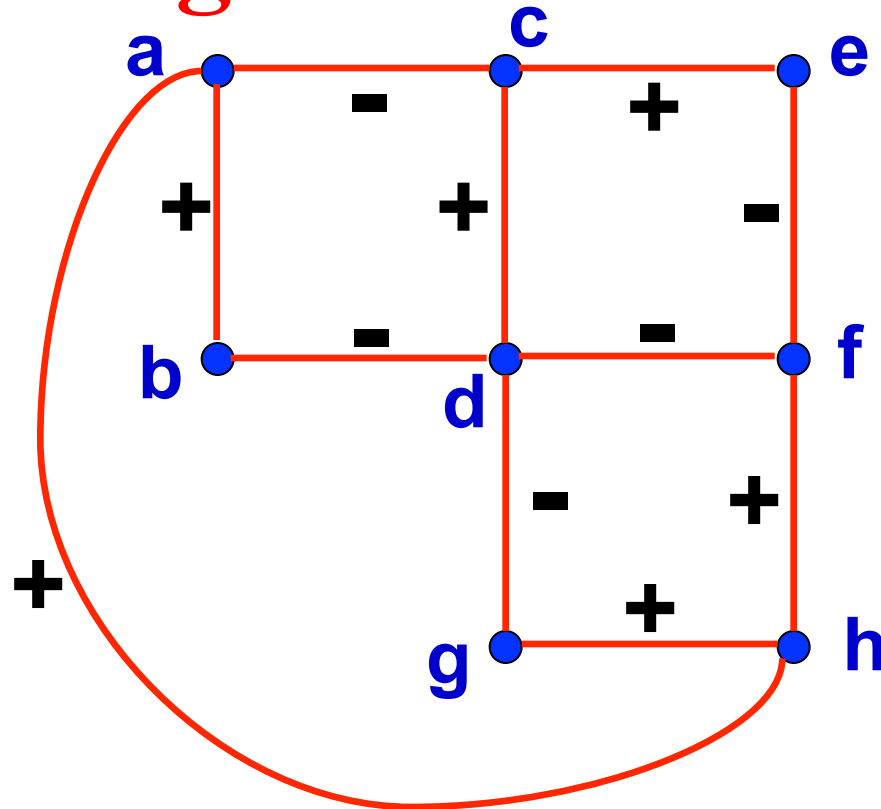
D'autres Approches à l'Inégalité: Sociologie de Petite Groupes



I et III sont
équilibrés, II et IV
ne le sont pas

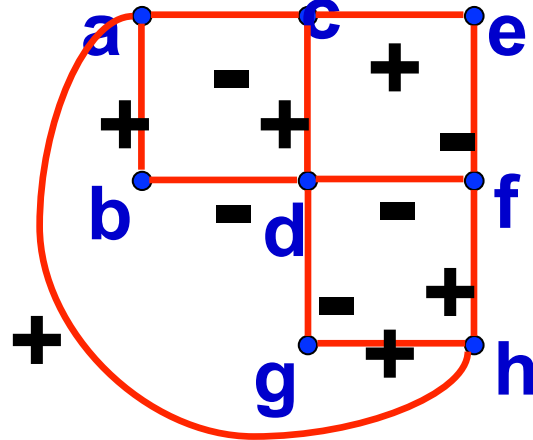
- "**Balance**" (équilibré entre): Utilisation des graphes signés pour déterminer quels groupes travailleront bien ensemble: Lequel de ces graphes signés est équilibré?

D'autres Approches à l'Inégalité: Sociologie de Petite Groupes



- *L'équilibre et la justice sociale*: L'équilibre correspond à la "valeur de la récompense" correspondant aux "qualifications"

De Sociologie de Petite Groupes pour les Politiques Publiques



- *Les graphes signés* sont utilisées pour étudier les boucles de rétroaction.
- Si a monte, b doit monter ou descendre en conséquence? La réponse dépend du signe.
- Application: graphes signés et *la demande croissante d'énergie*
- Application: "inversion de la structure tarifaire", à travers des suppléments tarifaires pour les grands utilisateurs
- Plus généralement: *les mathématiques et les politiques publiques*

Multidisciplinarité

- Un thème clé: *Comment éduquons-nous les gens à travailler dans un monde multidisciplinaire?*
- Un problème international
- Par exemple: un thème majeur d'une série de trois Sommets Sino-Américaines de Leadership en Informatique



Multidisciplinarité

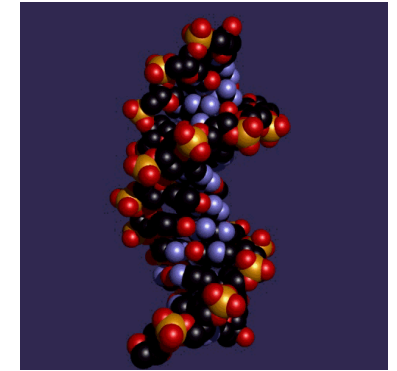
- *Les collaborations internationales:* une façon moderne de faire de la science.
- *Les problèmes de la société ne comprennent pas les frontières internationales.*
- Notre collaboration magnifique avec le LAMSADE - est un exemple
 - “Villes Intelligentes” (“smart cities”)
 - Politique Fondée sur les Preuves
 - Théorie de Vote et la Modélisation des Préférences
 - Théorie Algorithmique de la Décision
 - Planification Urbaine pour le Changement Climatique

LAMSADE
UMR CNRS 7243
laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision



Éducation pour la Multidisciplinarité

- Cette éducation doit commencer très tôt.
- Bio-Math: l'interface entre les sciences mathématiques et biologiques.
- *Développement de modules à utiliser dans les mathématiques et les classes de biologie*
- Utilisés dans les écoles secondaires
- Trois thèmes:
 - La biologie moléculaire (bio-informatique)
 - L'Epidémiologie
 - L'Écologie et la biologie des populations



Multidisciplinarité

Modules Bio-mathématiques: Hypothèses:

- Hypothèse 1: Exposer les étudiants en biologie à l'importance des méthodes mathématiques en biologie va les aider à mieux apprécier la biologie.
- Hypothèse 2: Montrer aux étudiants l'utilité des mathématiques dans les problèmes biologiques modernes les aidera à mieux apprécier les mathématiques.
- Hypothèse 3: Exposer les étudiants à l'interface bio-mathématiques va les motiver.

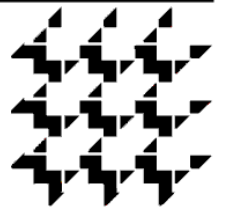


Multidisciplinarité

- *Nouvelles manières de faire de la science: centres de recherche multidisciplinaires.*
- Etats-Unis: "centres de science et technologie" (CTS)
- **DIMACS** – Centre de Mathématiques Discrètes et Informatique Théorique
- Basé à Rutgers University
- Concours national CTS:
 - N'importe quel domaine de la science
 - Universités, l'industrie, le gouvernement
 - Education + recherche
 - 800 propositions
 - 11 gagnants

DIMACS

*Center for Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science
Founded as a National Science Foundation Science and
Technology Center*

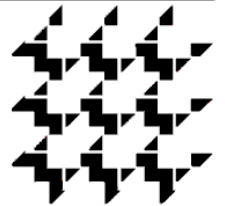


Centres de Recherche Multidisciplinaire

- 13 institutions partenaires: y compris les universités (par exemple, l'Université de Princeton), le secteur privé (par exemple, Alcatel-Lucent Bell Labs), quasi-gouvernementales (par exemple, Cancer Institute du New Jersey)
- 325 scientifiques affiliés
- Thèmes Générales:
 - Traitement de l'information en Biologie
 - Calcul & Sciences Socio-économiques
 - Épidémiologie Mathématique
 - Énergie & Algorithmes
 - Cybersécurité

DIMACS

*Center for Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science
Founded as a National Science Foundation Science and
Technology Center*

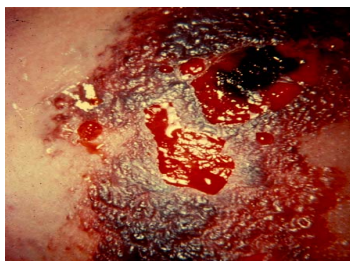


Centres de Recherche Multidisciplinaire

- La modélisation épidémiologique au DIMACS a conduit à de nouvelles orientations
- Attaques à l'anthrax aux Etats-Unis après 11/9 a conduit à travailler sur la défense contre le bioterrorisme
- Cela a conduit à travailler sur la prise de décision sous “*big data*”



Bioterrorism sensor –
Salt Lake City Olympics



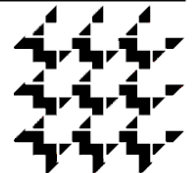
anthrax



Credit: www.emntreprizglobal.biz

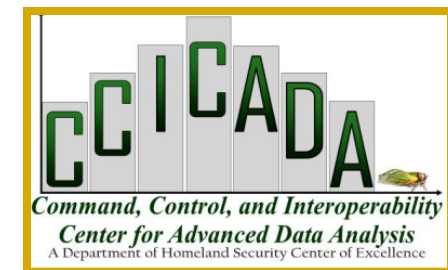
DIMACS

Center for Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science
Founded as a National Science Foundation Science and
Technology Center

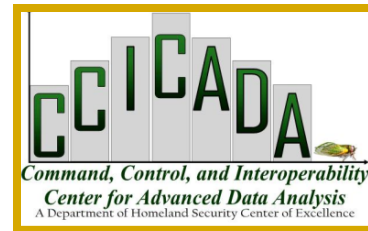


Centres de Recherche Multidisciplinaire

- La modélisation épidémiologique à DIMACS a conduit à de nouvelles orientations
- Le travail sur le bioterrorisme nous a amené à travailler sur des "*big data*"
- Et ce-ci à “Command, Control, and Interoperability Center for Advanced Data Analysis” = *CCICADA*
- Un Département Américain de la Sécurité Intérieure Centre d’Excellence Universitaire



CCICADA



- 17 institutions partenaires
- Basé au DIMACS / Rutgers University
- Catastrophes naturelles (les inondations, les ouragans, tremblements de terre)
- Planifier en prenant en compte le changement climatique
- Allocation de ressources pour la Garde Côtière et d'autres organismes
- Application à la loi contres le fraudes de pêche
- Sport sécurité dans les stades



Credit: National Geographic News



La combinaison de plusieurs disciplines pour résoudre les problèmes de la société que nous sommes tous confrontés

- **Ma famille**
- **Le LAMSADE: particulièrement Alexis Tsoukiàs**
- **"Je me tenais sur les épaules de géants":**

- **Peter Fishburn**
- **Danny Gorenstein**
- **Frank Harary**
- **John Kemeny**
- **Simon Levin**
- **Bill Lucas**
- **Duncan Luce**
- **Buck McMorris**
- **Bob Norman**
- **Dana Scott**
- **Pat Suppes**
- **Mes étudiants et post-doctorants et collaborateurs**

Merci beaucoup