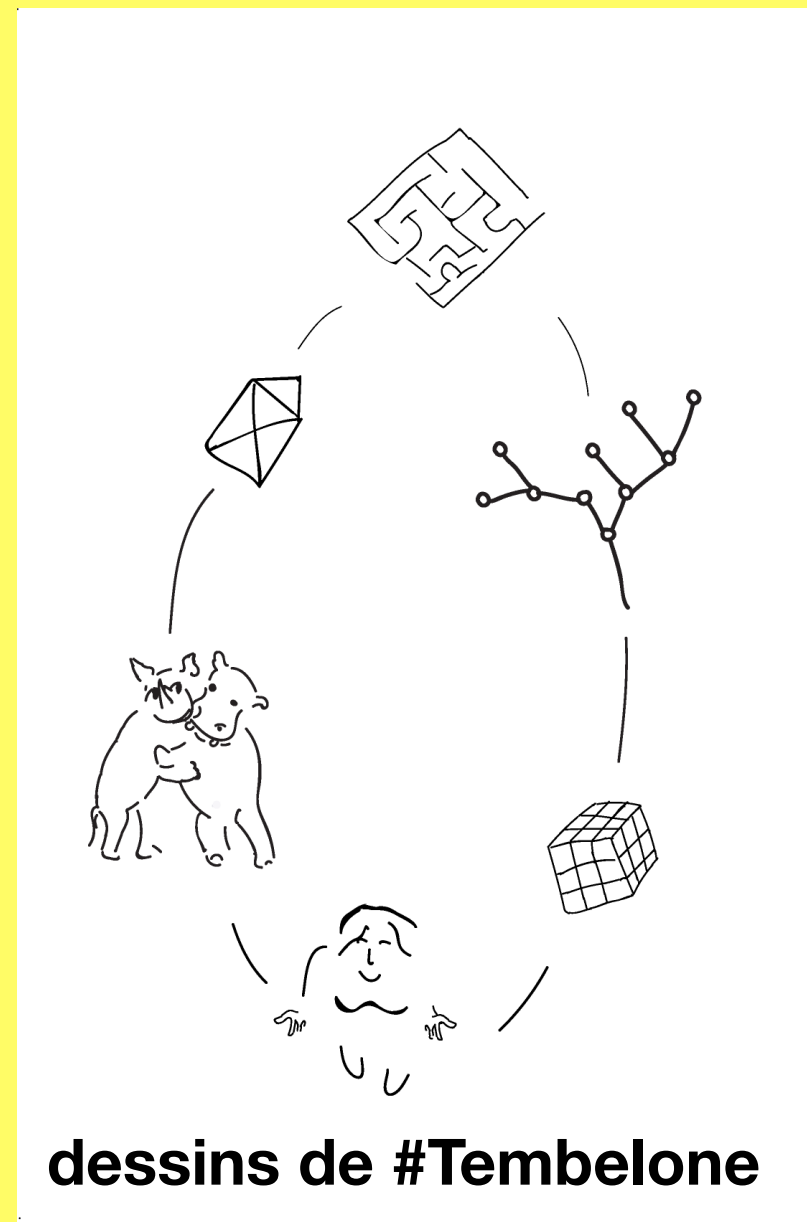




COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Algorithmes

Claire Mathieu





COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Acte constitutif, article 1

1. L'Organisation se propose de contribuer au maintien de la paix et de la sécurité en resserrant, par l'éducation, la science et la culture, la collaboration entre nations, afin d'assurer le respect universel de la justice, de la loi, des droits de l'homme et des libertés fondamentales pour tous, sans distinction de race, de sexe, de langue ou de religion, que la Charte des Nations Unies reconnaîtra tous les peuples.



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

*Ouverture de la salle à 17 heures.
Aucune place ne sera réservée
au-delà de 17h45.*

*Cette invitation strictement
personnelle, valable pour
une personne, sera demandée
à l'entrée de la salle.*

*Collège de France
11, place Marcelin-Berthelot
75005 Paris
www.college-de-france.fr*

Leçon inaugurale

Claire Mathieu

Titulaire de la chaire d'informatique et sciences numériques
Année académique 2017-2018

vous prie de lui faire l'honneur d'assister à la leçon inaugurale :

ALGORITHMES

le jeudi 16 novembre 2017, à 18 heures
amphithéâtre Marguerite de Navarre

Réponse positive seulement • 01 44 27 11 43 • lecon.inaugurale@college-de-france.fr

*Ouverture de la salle à 17 heures.
Aucune place ne sera réservée
au-delà de 17h45.*

*Cette invitation strictement
personnelle, valable pour
une personne, sera demandée
à l'entrée de la salle.*

*Collège de France
11, place Marcellin-Berthelot
75005 Paris
www.college-de-france.fr*

Leçon inaugurale

Claire Mathieu

Titulaire de la chaire d'informatique et sciences numériques
Année académique 2017-2018

vous prie de lui faire l'honneur d'assister à la leçon inaugurale :

ALGORITHMES

le jeudi 16 novembre 2017, à 18 heures
amphithéâtre Marguerite de Navarre

Réponse positive seulement • 01 44 27 11 43 • lecon.inaugurale@college-de-france.fr

**Merci, mais...
n'y a-t'il pas une
faute d'orthographe ?**

Algo-rythmes ou Algorithmes ?

Leçon inaugurale

Claire Mathieu

Titulaire de la chaire d'informatique et sciences numériques
Année académique 2017-2018

vous prie de lui faire l'honneur d'assister à la leçon inaugurale :

ALGORITHMES

le jeudi 16 novembre 2017, à 18 heures
amphithéâtre Marguerite de Navarre

Réponse positive seulement • 01 44 27 11 43 • lecon.inaugurale@college-de-france.fr

*Ouverture de la salle à 17 heures.
Aucune place ne sera réservée
au-delà de 17h45.*

*Cette invitation strictement
personnelle, valable pour
une personne, sera demandée
à l'entrée de la salle.*

Collège de France
11, place Marcelin-Berthelot
75005 Paris
www.college-de-france.fr



al-Khuwarizmi

أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي

Méthode syllabique:

- lettres,
- syllabes,
- mots,
- phrases,
- texte.

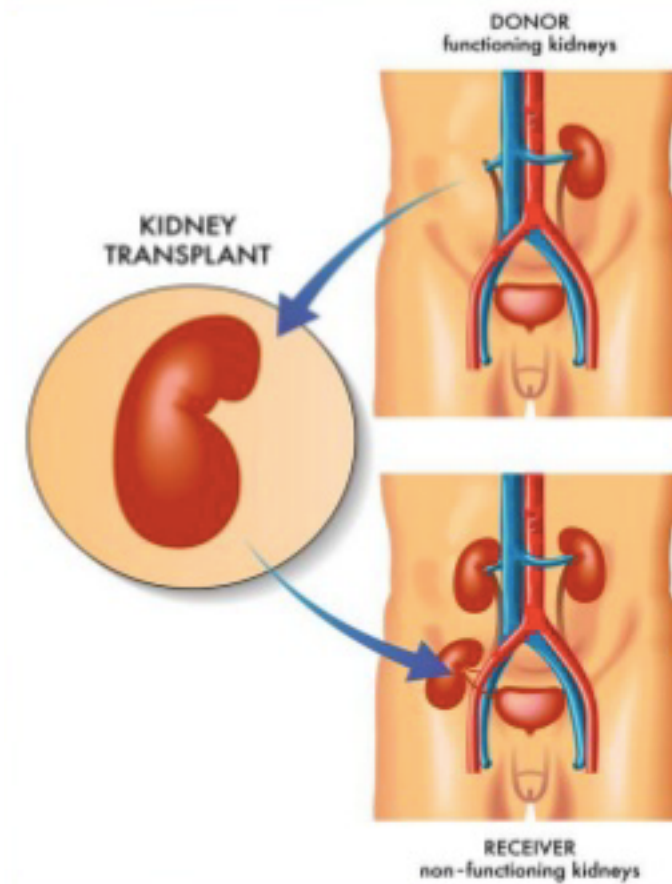
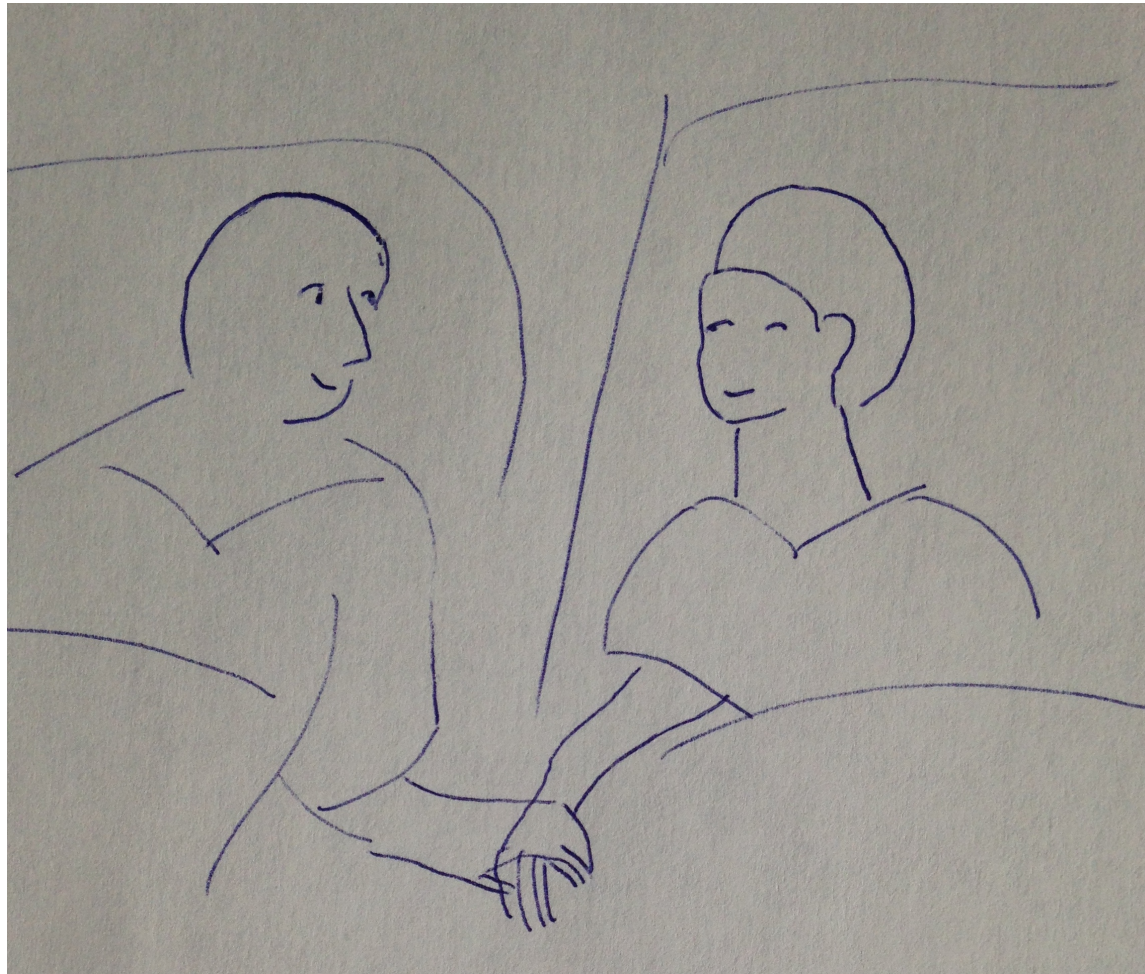


Un **algorithme** résout un problème de façon constructive en le décomposant en briques de base faciles à manipuler.

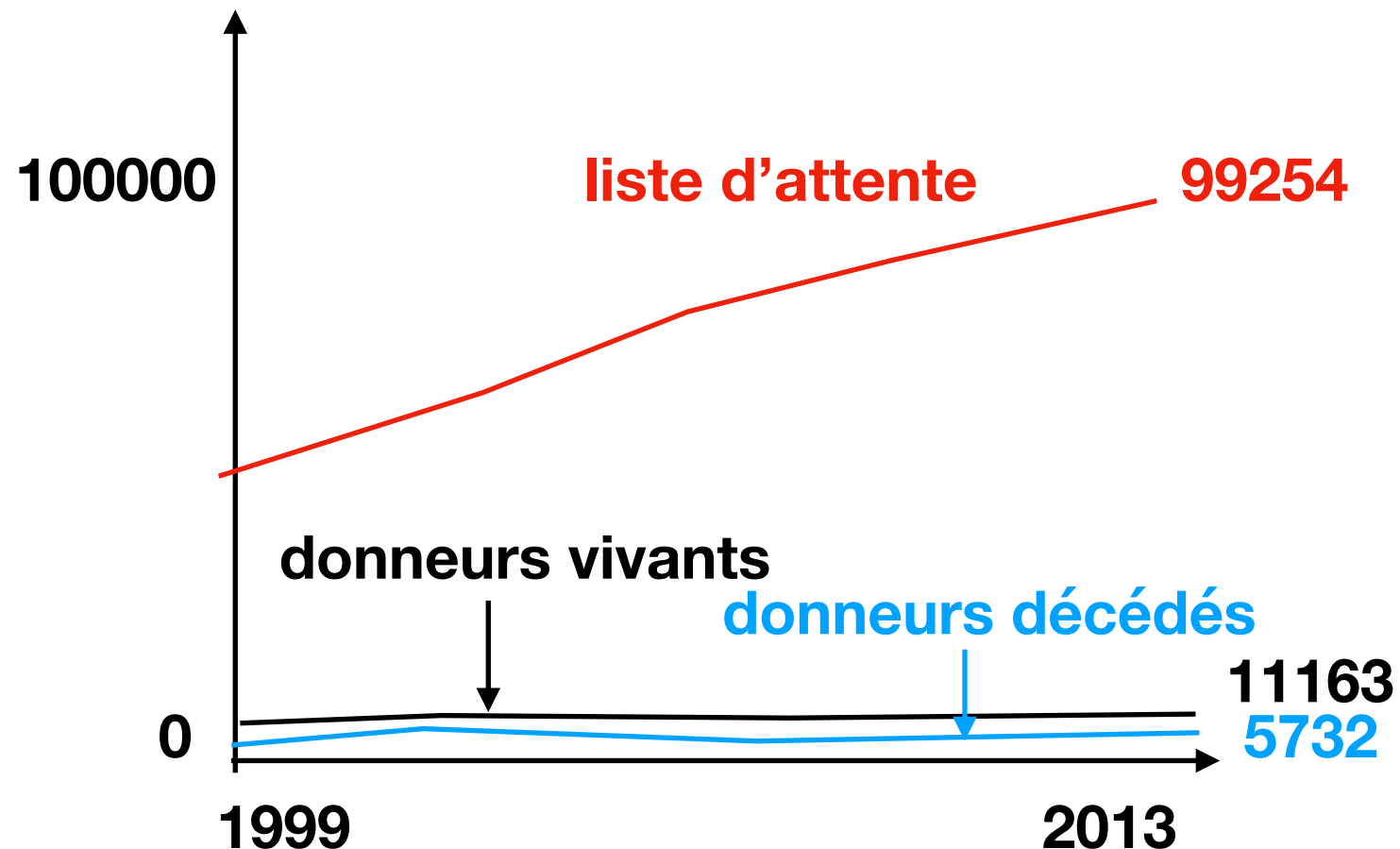
La séquence

1. **modélisation**
 2. **conception d'algorithme**
 3. **application**
- par l'exemple des greffes de reins**

Greffes de reins et couplage maximum

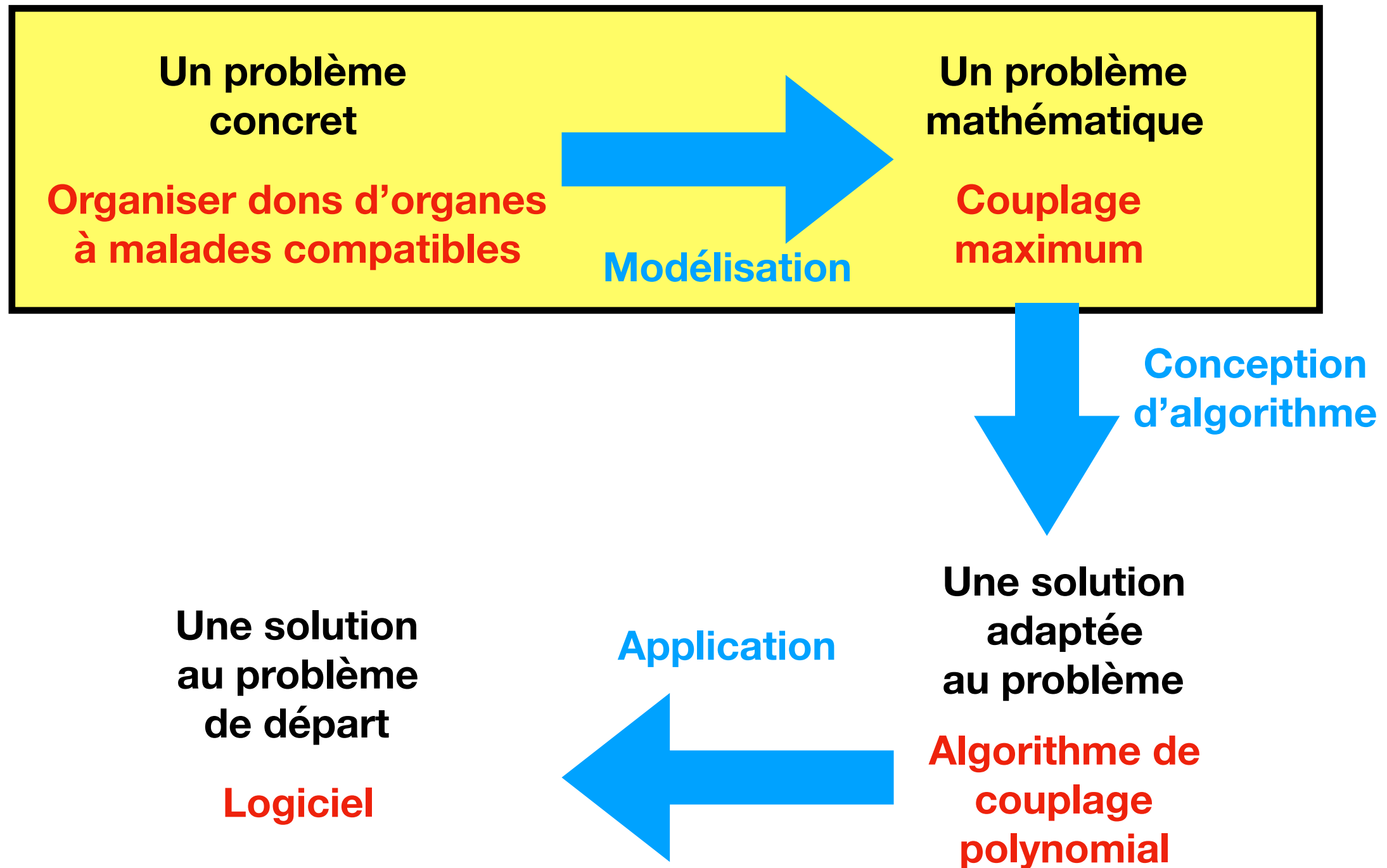


Greffes de reins : les chiffres

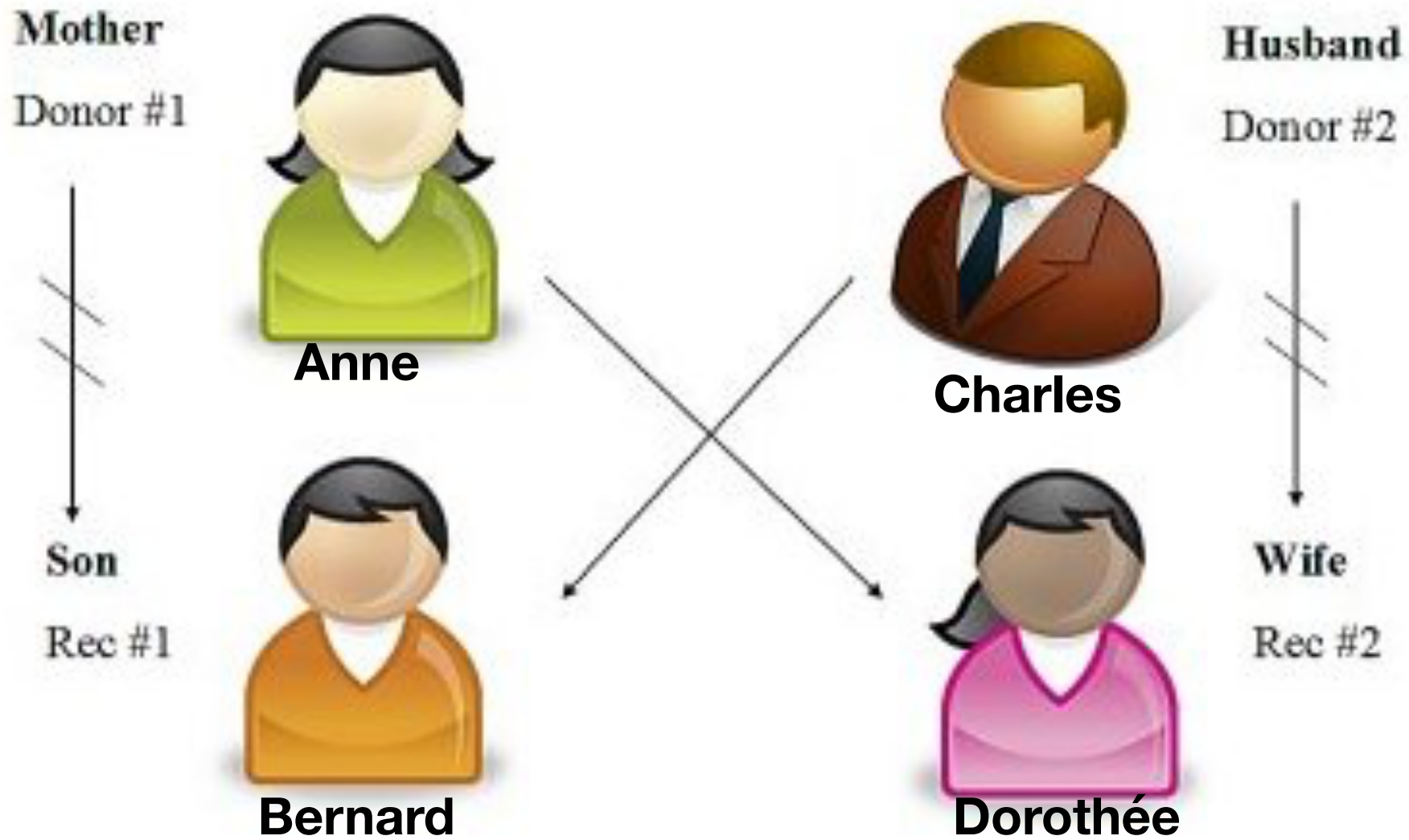


- 11,559 personnes ont reçu une greffe des reins d'un donneur décédé
- 5,283 personnes ont reçu une greffe des reins d'un donneur vivant
- dont certains grâce à un algorithme d'échange
- 4,537 personnes sont décédées en attendant

Greffes de reins



Paires compatibles






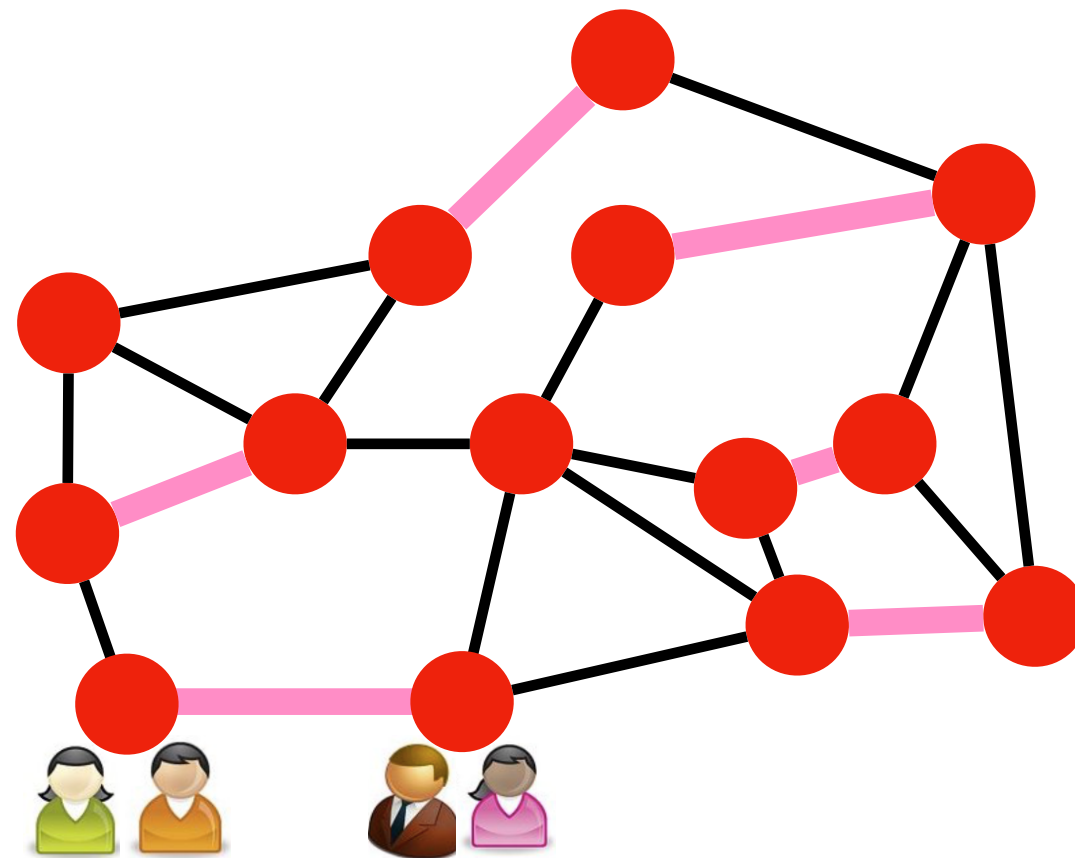
→
compatibilité

Modèle mathématique

Graphe.

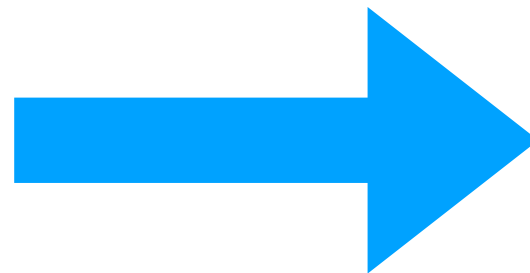
Sommet  = paire (malade, donateur),  

Arête    = compatibilité mutuelle



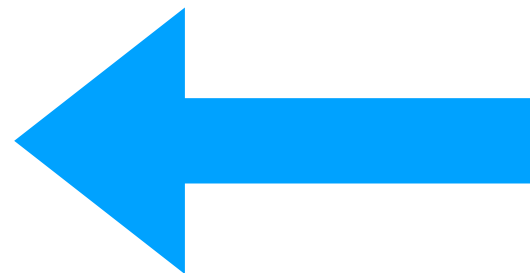
**But: Trouver des arêtes disjoints (couplage)
couvrant le maximum de sommets**

Un problème concret
dons d'organes
à malades
compatibles



Modélisation

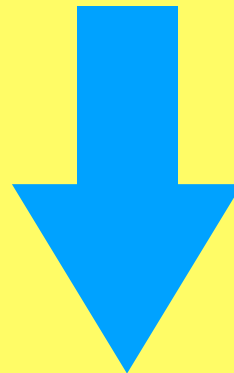
Conception
d'algorithme



Une solution
au problème
de départ
Logiciel

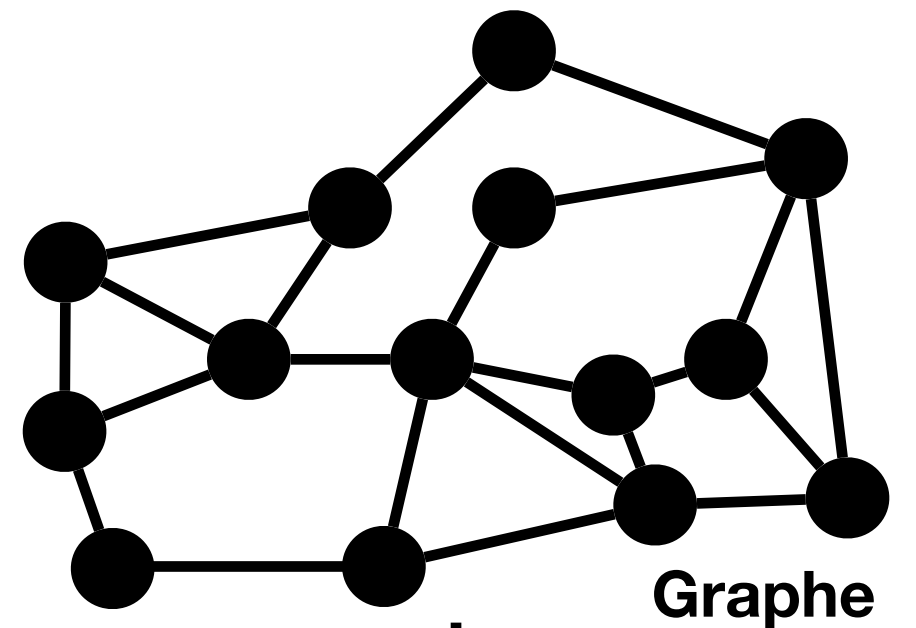
Un problème
mathématique

Couplage
maximum

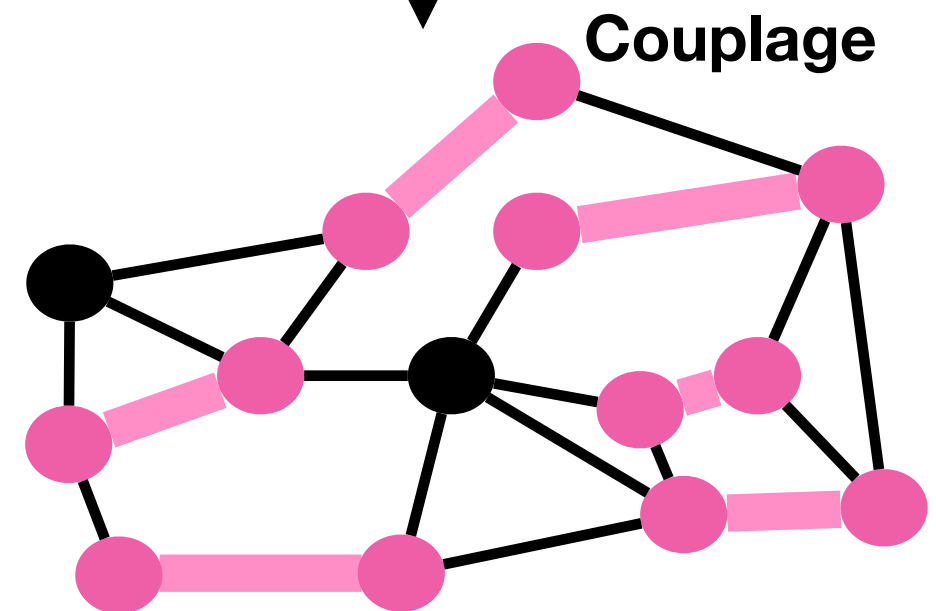


Une solution
adaptée
au problème

Algorithme de
couplage
polynomial



Graphe



Couplage



Jack Edmonds

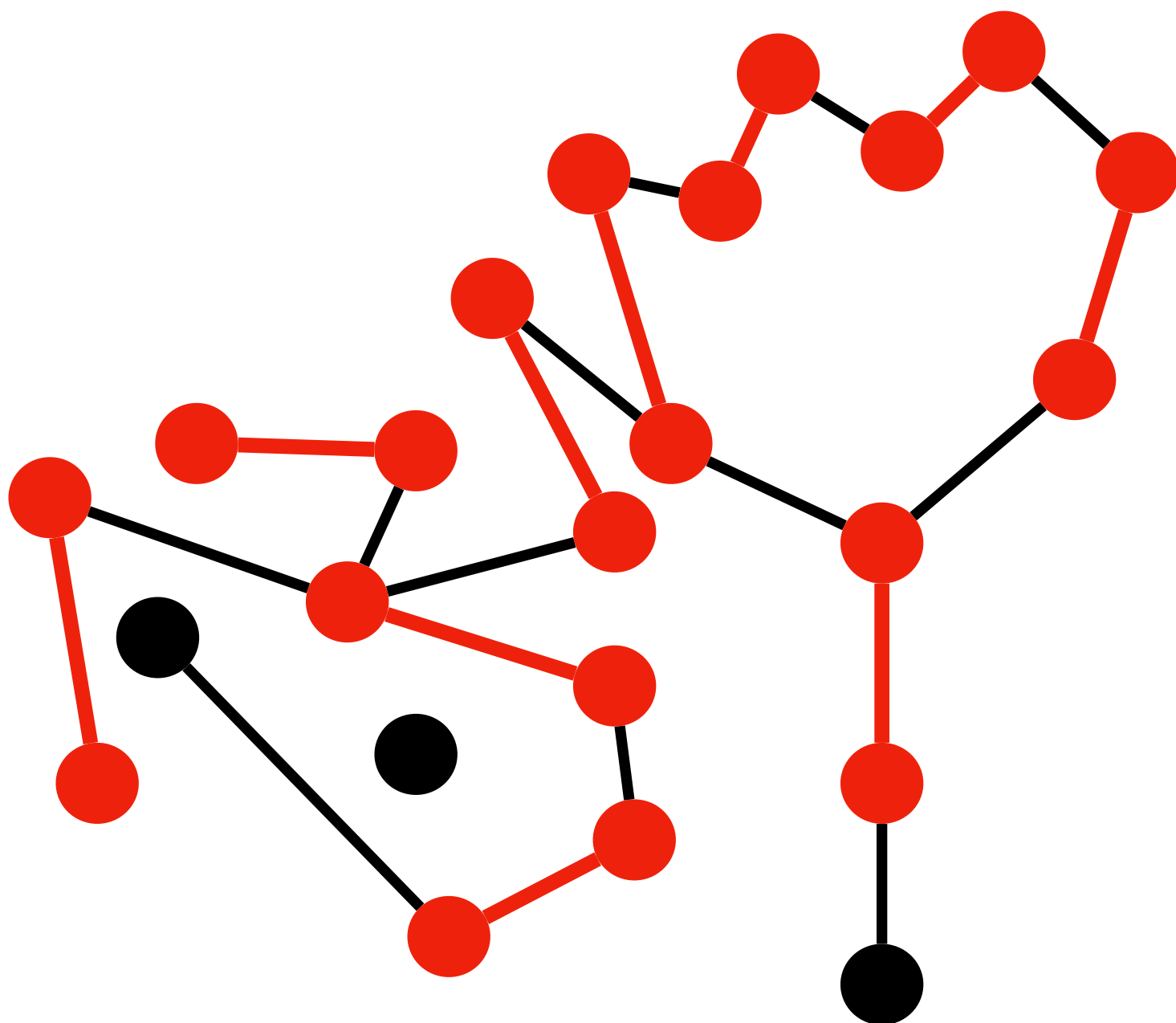


Jack Edmonds

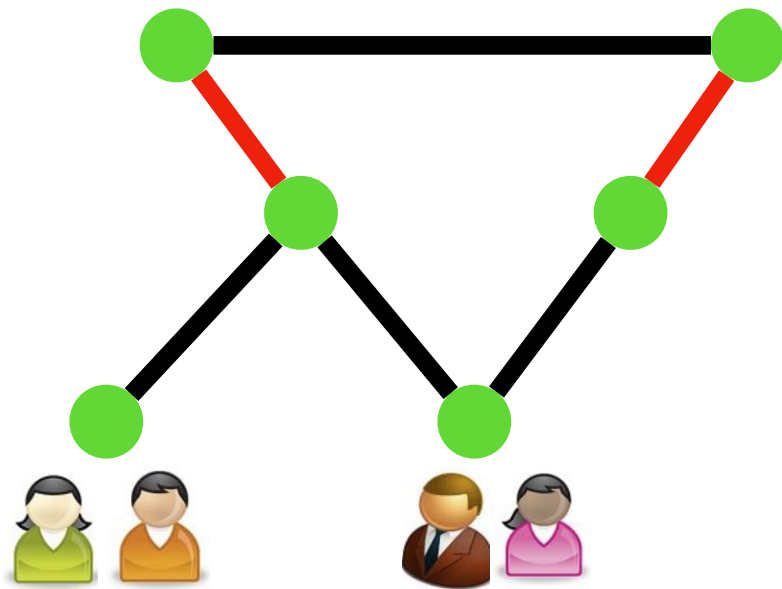
Algorithme des fleurs et des pétales

Idée 1

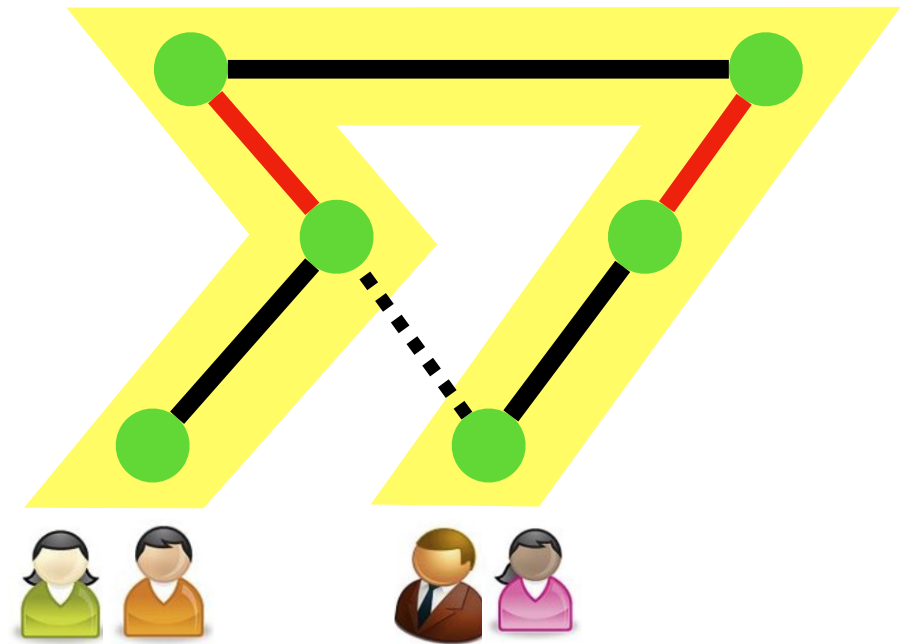
Répéter : On a trouvé un couplage
On en cherche un plus grand



2 malades sans donneur

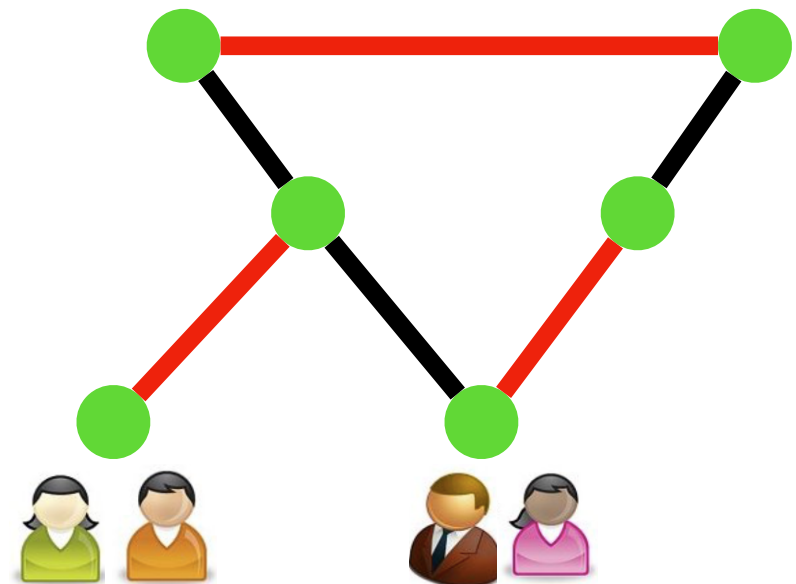


Idée 2 :
Exploration du
graphe de proche
en proche



Chemin alternant rouge-noir

Idée 3 :
On échange le rouge et le noir



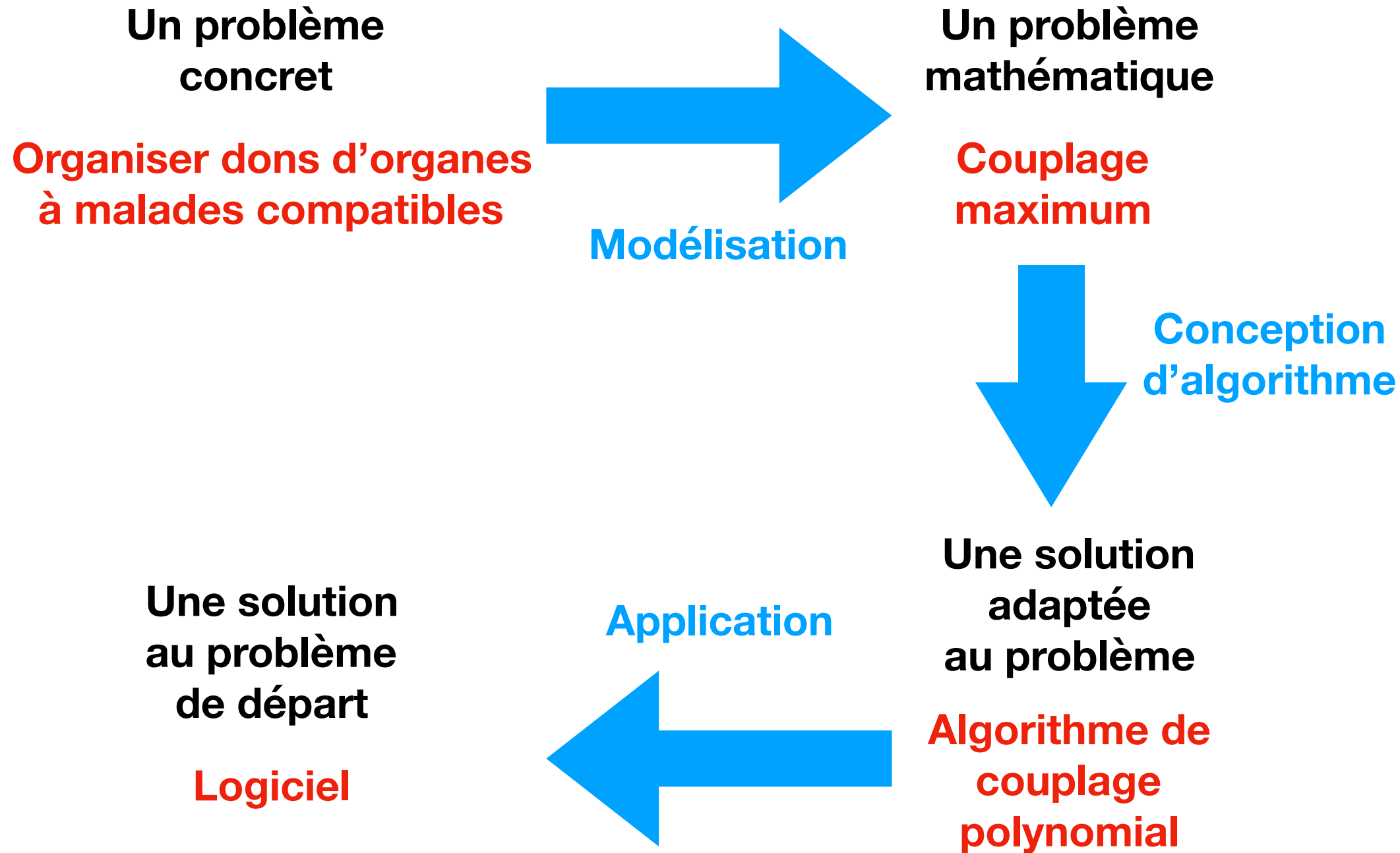
2 malades de plus auront une greffe

Chemin alternant :
(Charles,Dorothee) a un voisin apparié
dont le "conjoint" a un autre voisin apparié
dont le "conjoint" est voisin de (Anne,Bernard)

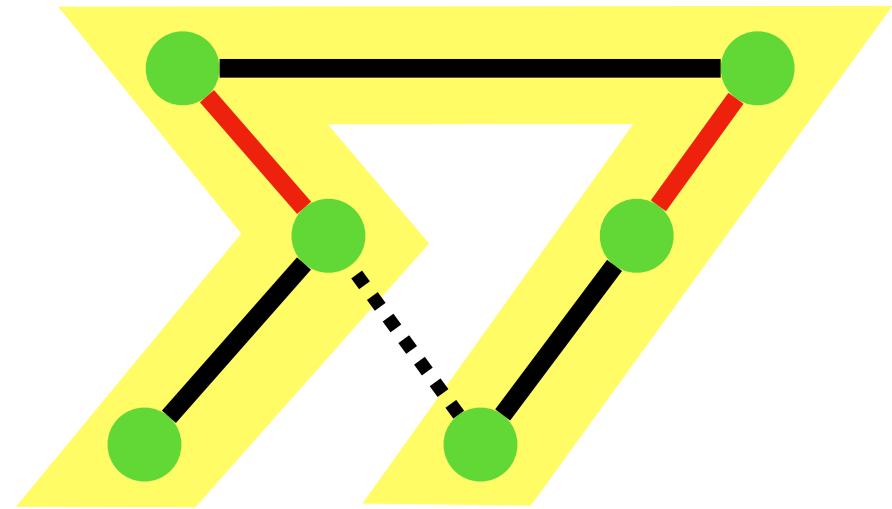
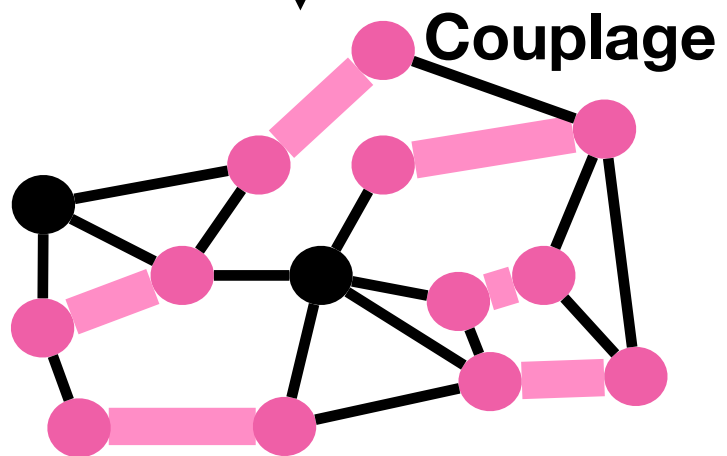
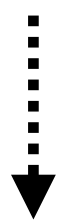
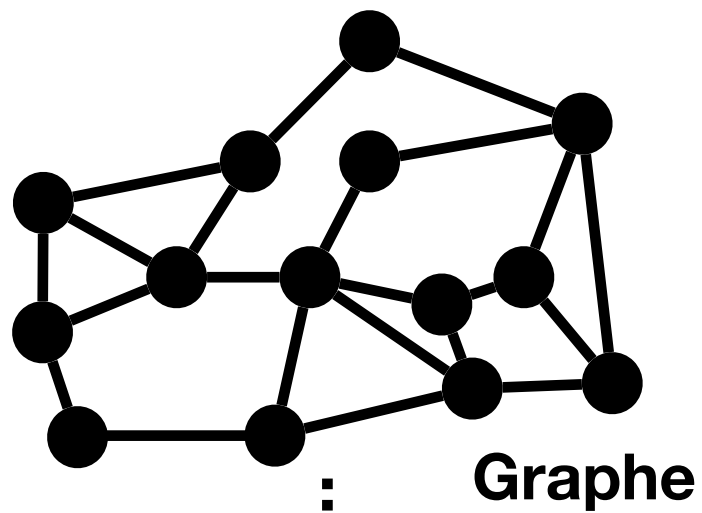
L'algorithmique est une science...

- Constructive :
construction d'une solution
effective et efficace
par décomposition en
briques de base

Comment savoir si l'algorithme est "bon" ?



Théorème : L'algorithme des fleurs et des pétales trouve rapidement le plus grand couplage possible !



L'algorithmique est une science...

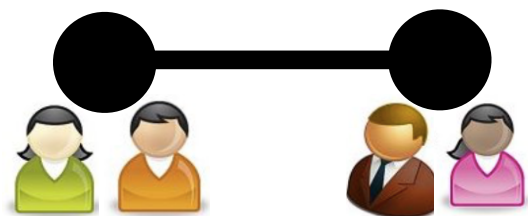
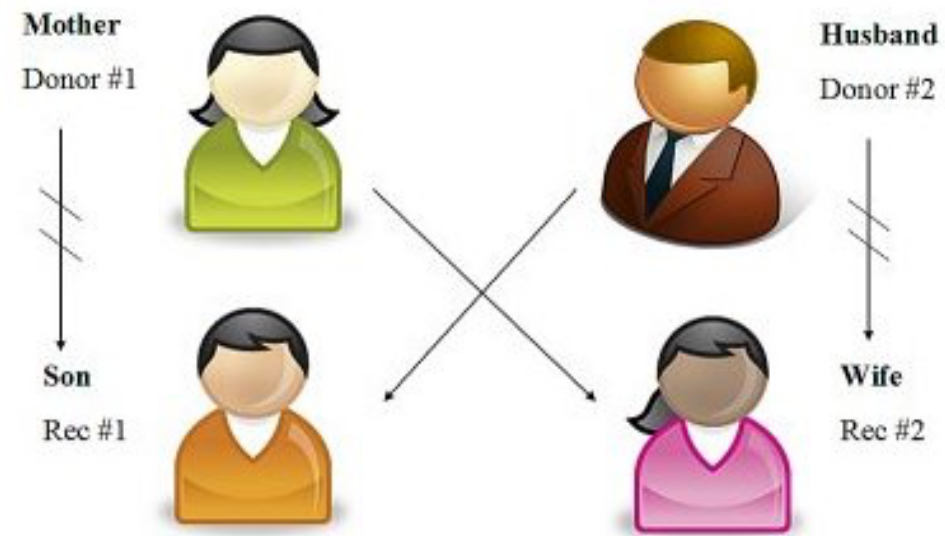
- Pure :
structure mathématique
détachée du contexte concret



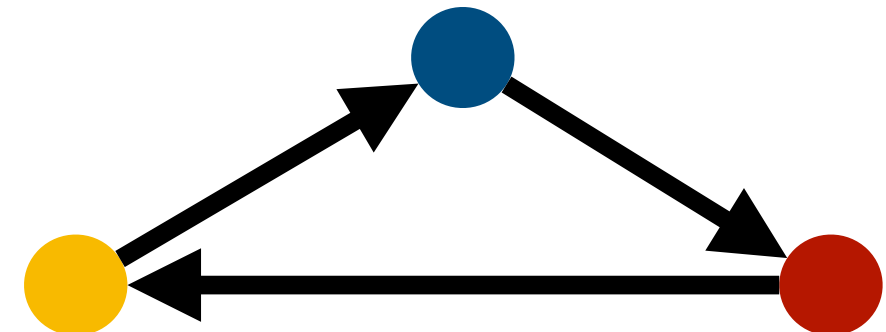
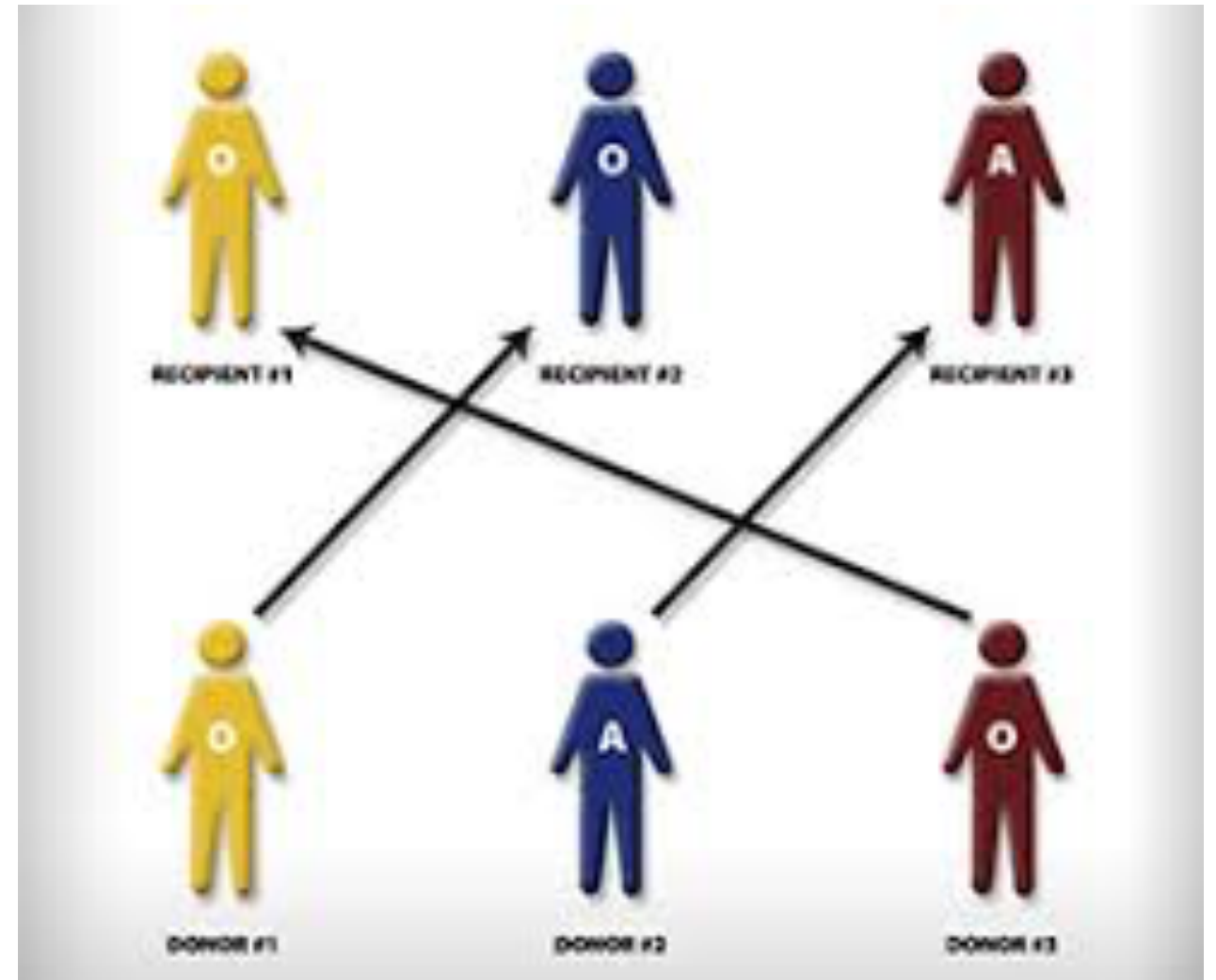
Peut-on mieux faire ?

Peut-on changer la modélisation ?

Paires compatibles



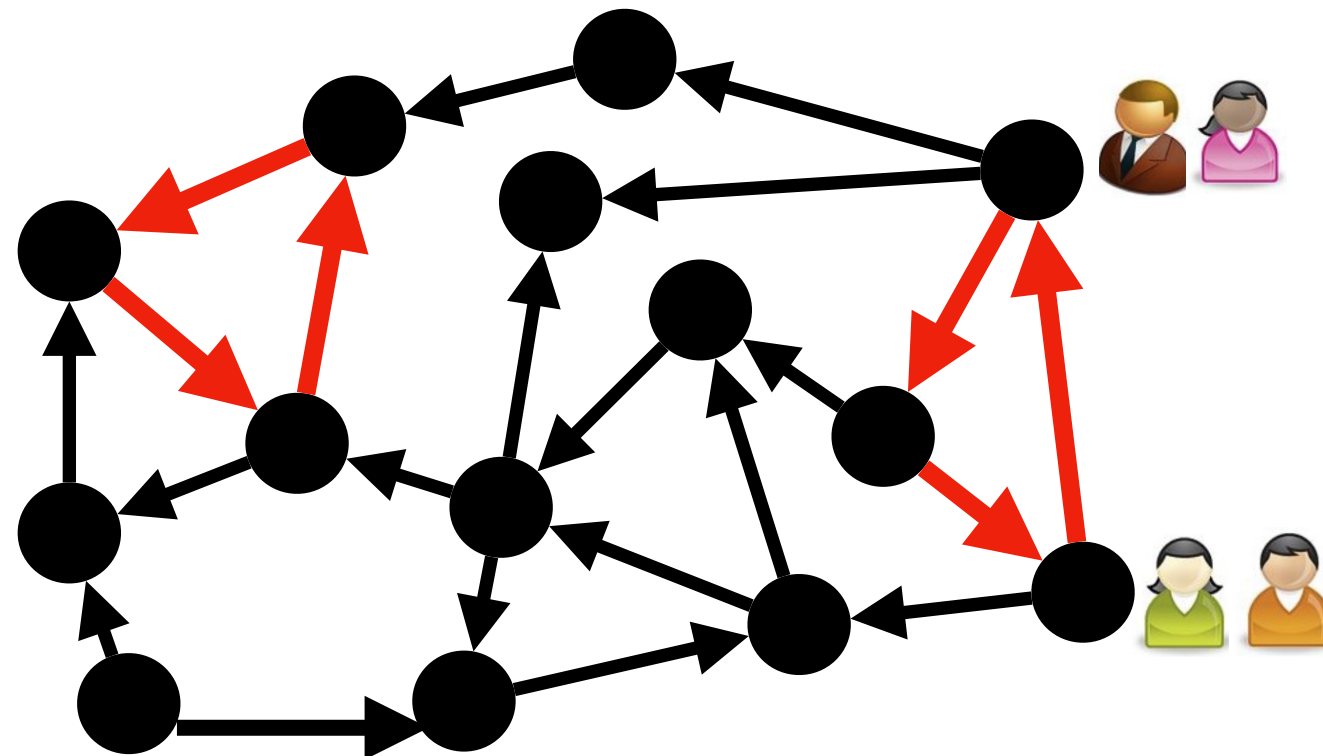
Triplets compatibles

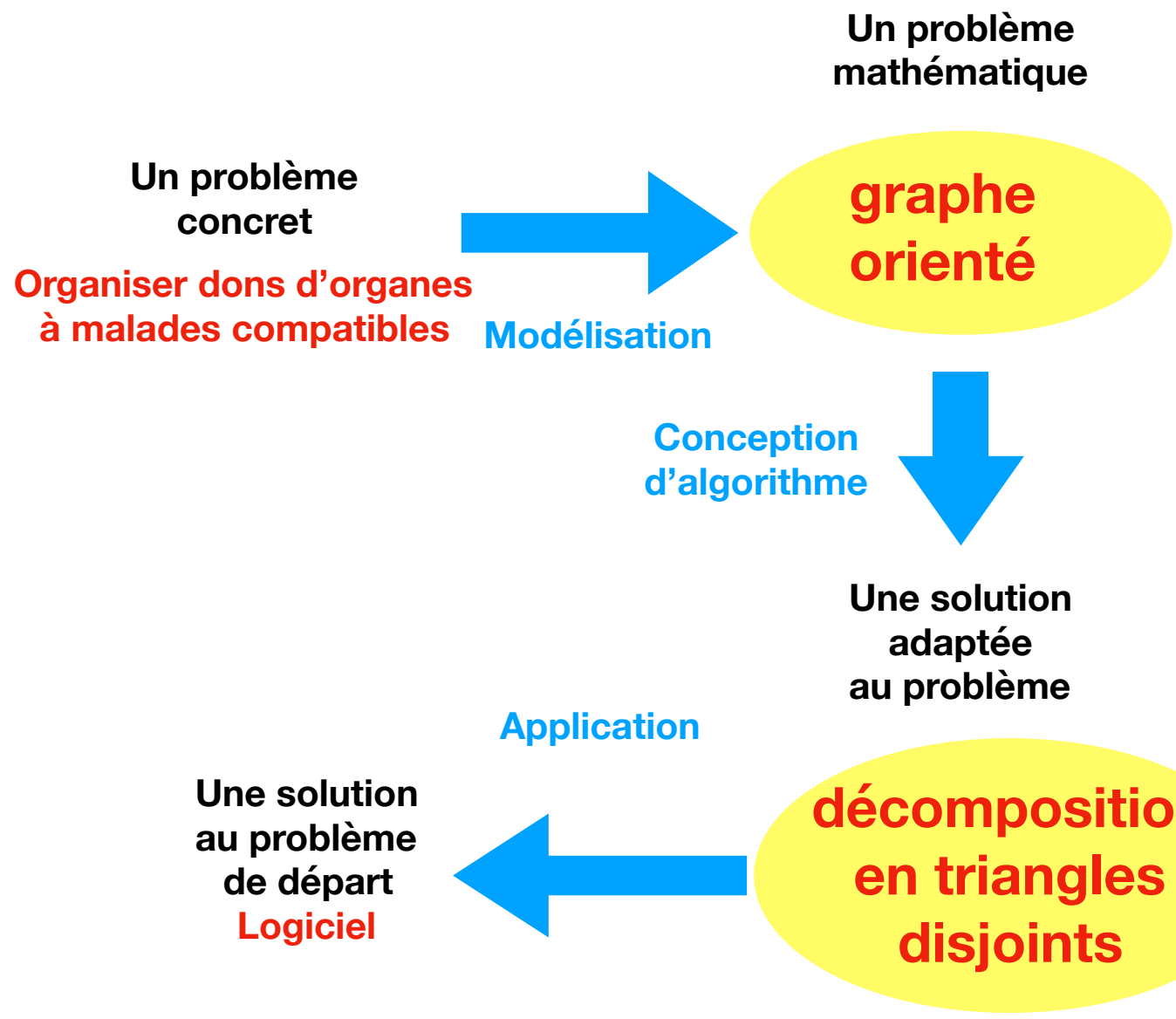


Modèle mathématique

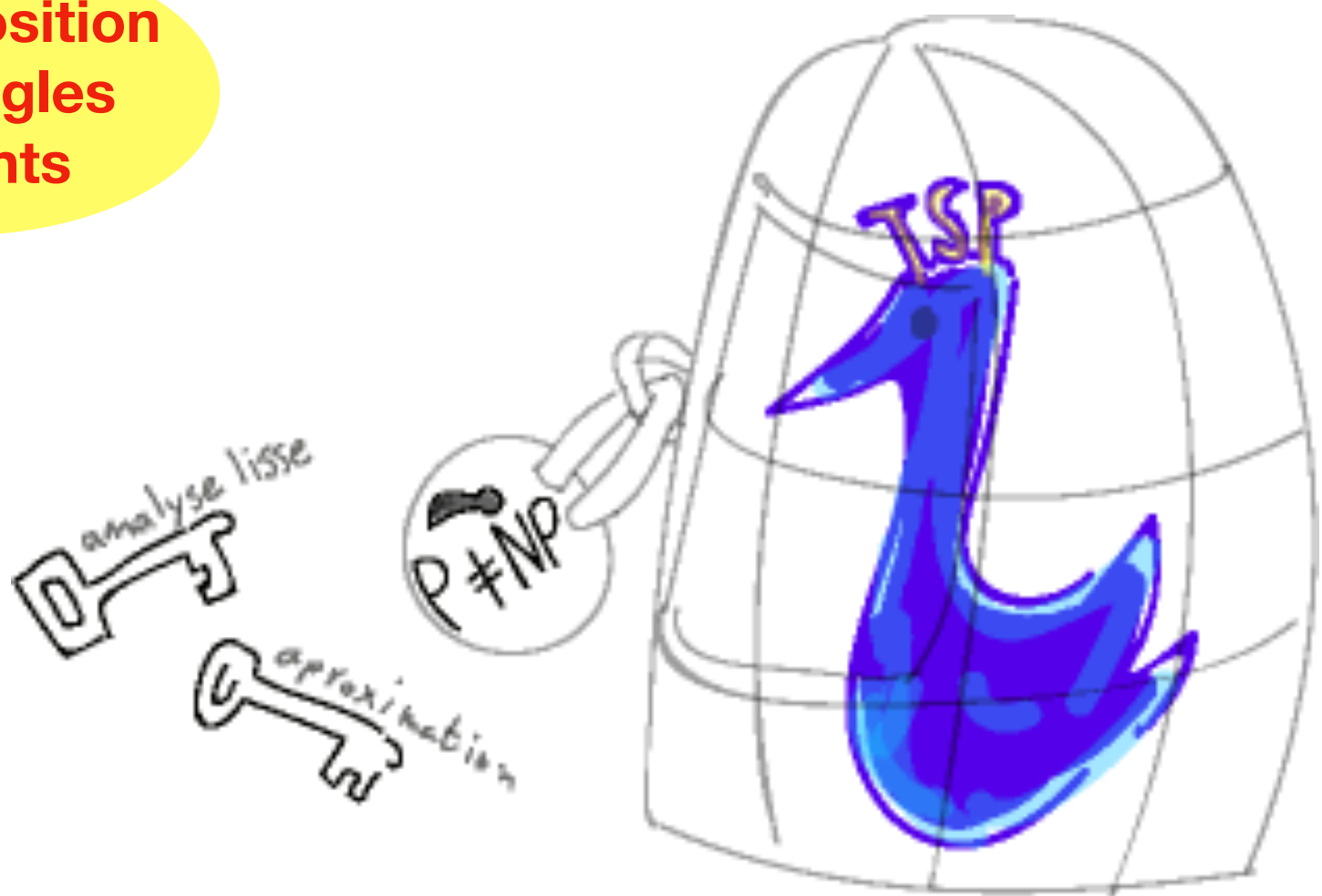
Graphe orienté. Sommet = paire (malade, donneur), arc = compatibilité du donneur de la première paire avec le malade de la deuxième paire

But: Trouver des arcs parallèles et des triangles disjoints couvrant le maximum de sommets





Problème NP-difficile!



Modélisation mathématique :

Un problème
mathématique

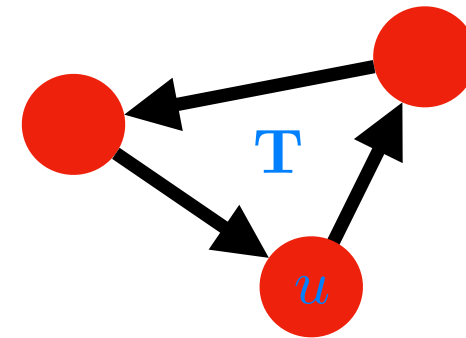
**graphe
orienté**

Conception
d'algorithme



Une solution
adaptée
au problème

**décomposition
en triangles
disjoints**



$$\max \sum_{T \text{ triangle}} x_T$$

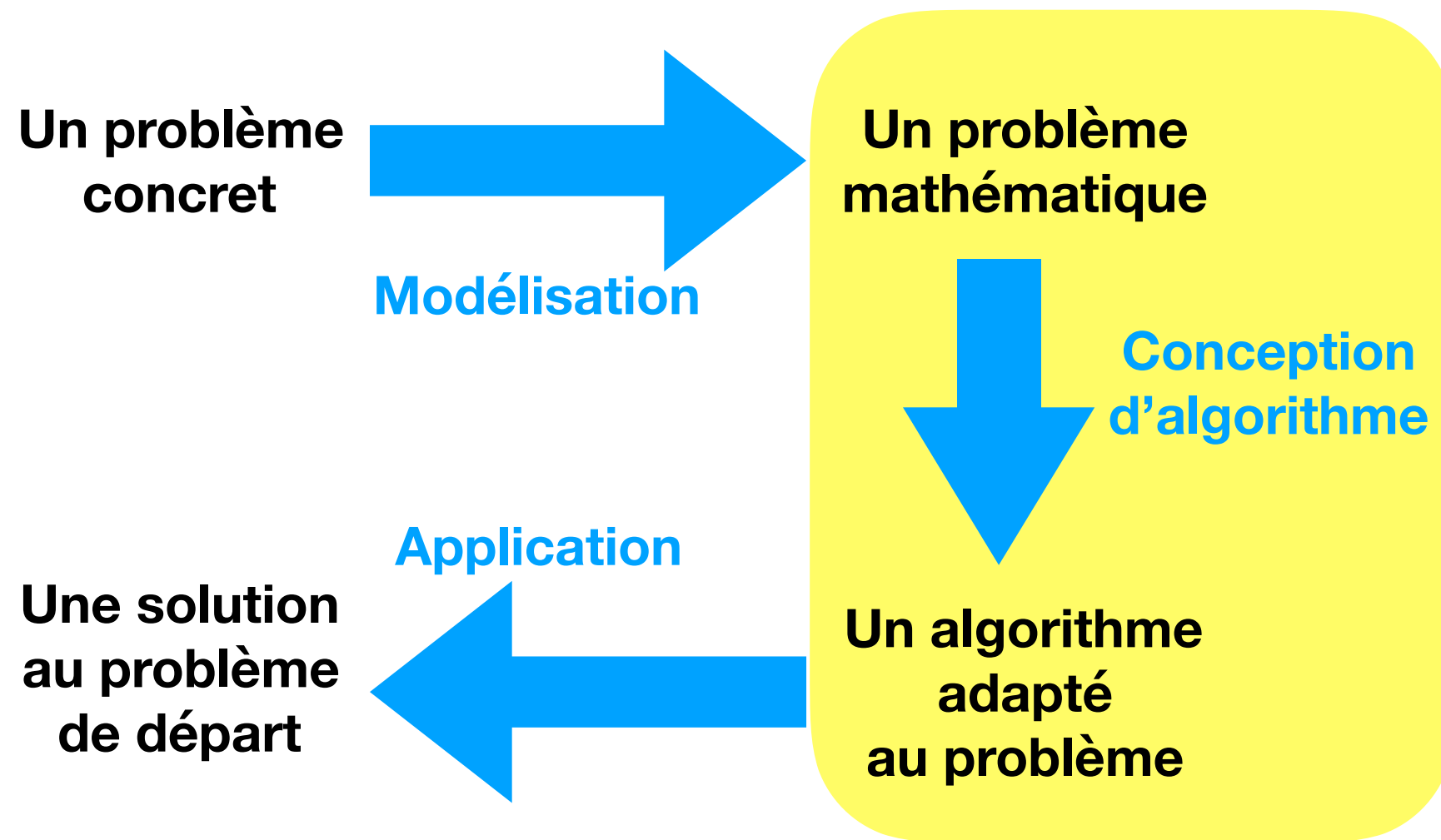
sachant que chaque sommet u
ne peut être que dans un seul
triangle ou double arc :

$$\sum_{T \text{ contenant } u} x_T \leq 1$$

$x_T = 1$ signifie qu'on choisit le triangle T
 $x_T = 0$ signifie qu'on ne choisit pas le triangle T

Techniques d'optimisation...

De l'importance du contexte

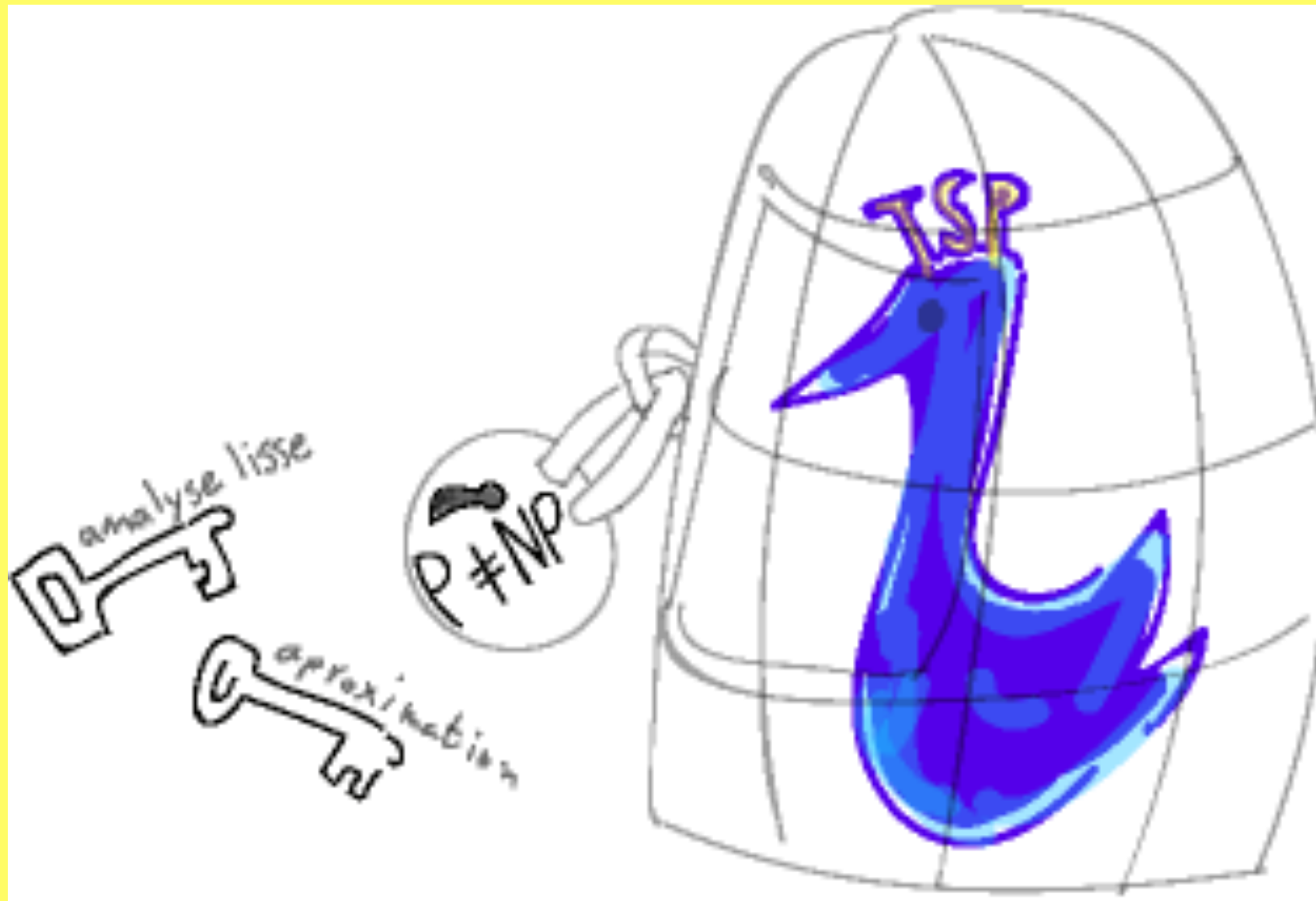


**Approche algorithmique moderne :
définition flexible
du problème**

L'algorithmique est une science...

- en dialogue avec la réalité :
conscience du contexte
pour modification possible
du problème**

Gérer les problèmes NP-difficiles



Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + \underline{589143226} \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 5 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 15 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 8915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 18915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 818915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 4818915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2315675689 \\ + \underline{589143226} \\ 04818915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 904818915 \end{array}$$

Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 2904818915 \end{array}$$

Cet algorithme d'addition
résout le problème
d'addition de deux grands nombres
en le décomposant en une suite
de briques de base : additions de
nombres à 1 chiffre

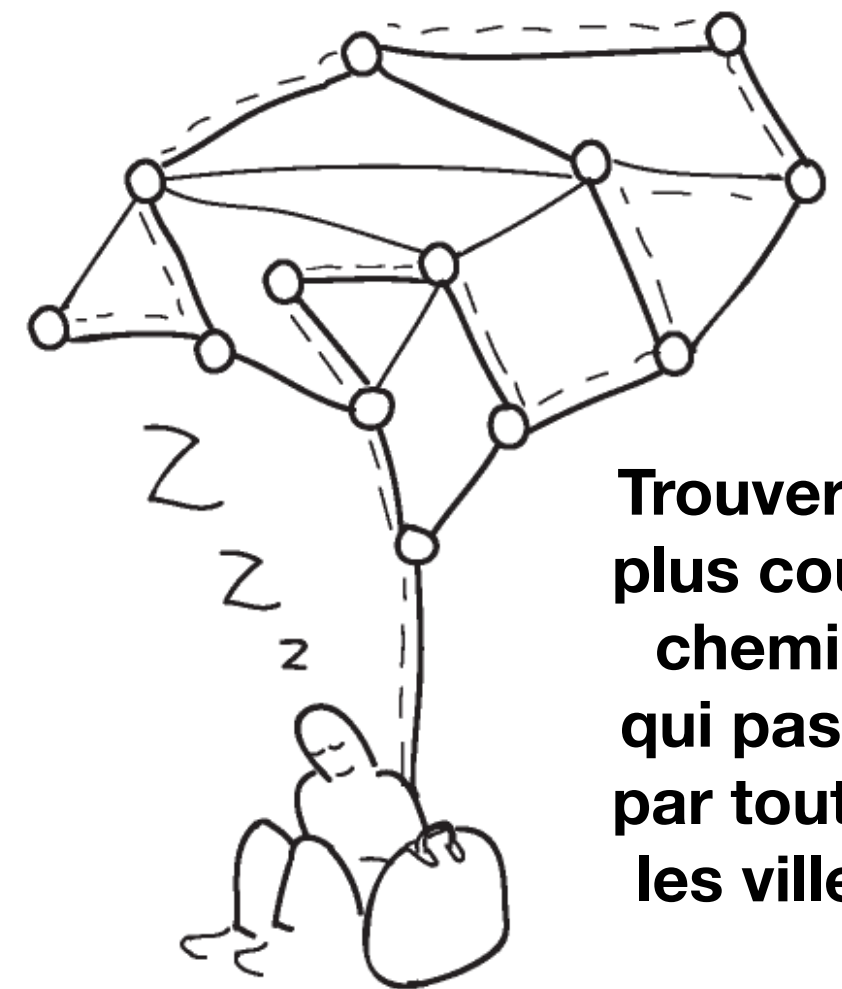
Problème NP-difficile

Problème facile :

$$\begin{array}{r} 2315675689 \\ + 589143226 \\ \hline 2904818915 \end{array}$$

Cet algorithme d'addition résout le problème d'addition de deux grands nombres en le décomposant en une suite de briques de base : additions de nombres à 1 chiffre

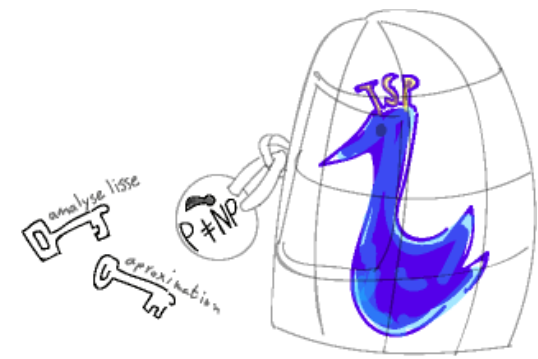
Problème difficile : Voyageur de commerce



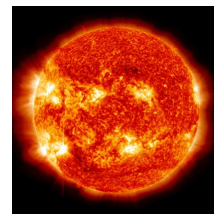
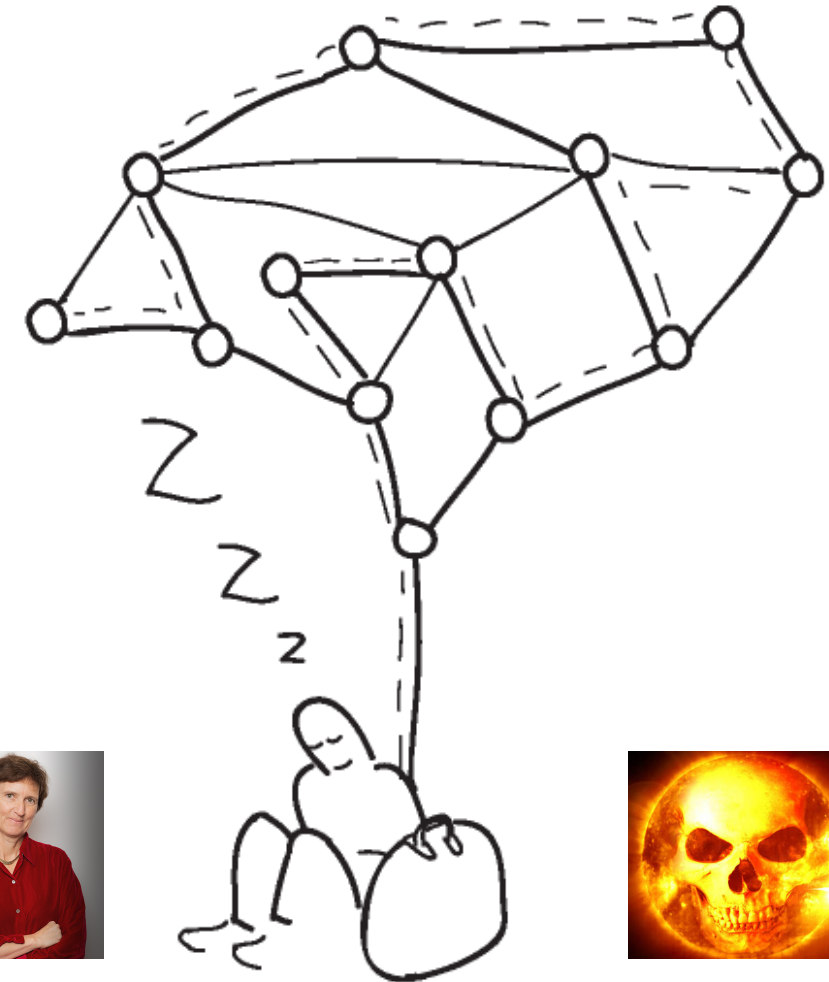
Trouver le plus court chemin qui passe par toutes les villes

Un algorithme :
Regarder tous les chemins possibles pour choisir le plus court

Rien ne sert d'avoir un algorithme optimal...
encore faut-il que la réponse arrive avant la fin des temps !



Un algorithme :
Regarder tous les chemins possibles
pour choisir le plus court:
Infaisable en pratique



Big Bang
 $-4 \cdot 10^{20} ms$

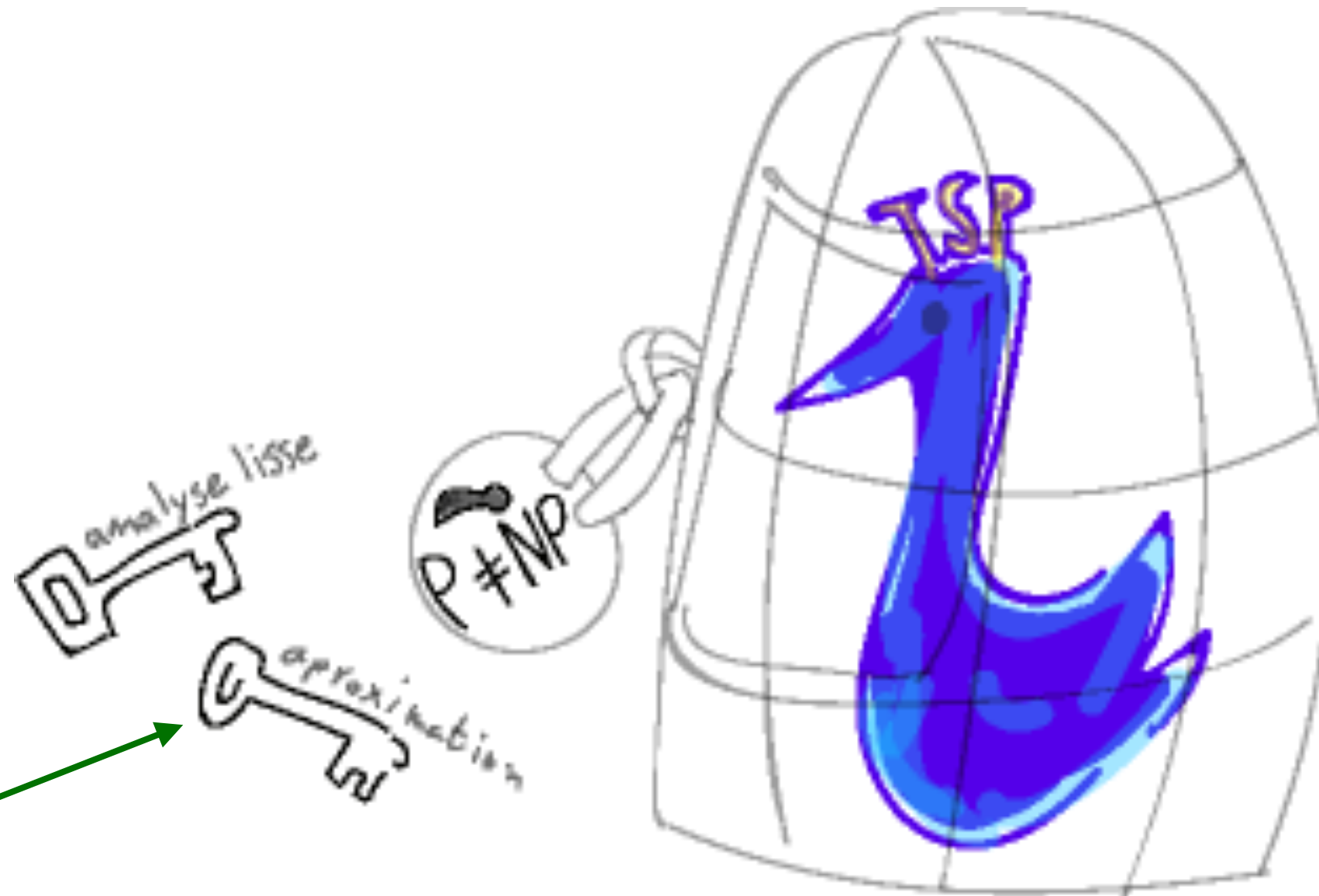
Formation du soleil
 $-1.5 \cdot 10^{20} ms$

Maintenant
16 novembre 2017

Plus d'hydrogène
Fin de vie du soleil
 $1.6 \cdot 10^{20} ms$

Un critère de qualité :
combien de temps ça prend

Que faire d'un problème NP-difficile ?



Ce cours

- Algorithme rapide et donnant le bon résultat sur des données “lisses”
- Algorithme rapide et donnant un résultat approché rigoureux
- Heuristique rapide et satisfaisante pour l'application considérée
- ...

**Quelles techniques
mathématiques pour
l'algorithmique ?
Le rôle de l'aléa**

Une belle brique de base : les choix aléatoires

problème des 8 reines

Algorithme d'exploration systématique :

Numéroter les cases de 1 à 64

Considérer les reines déjà placées

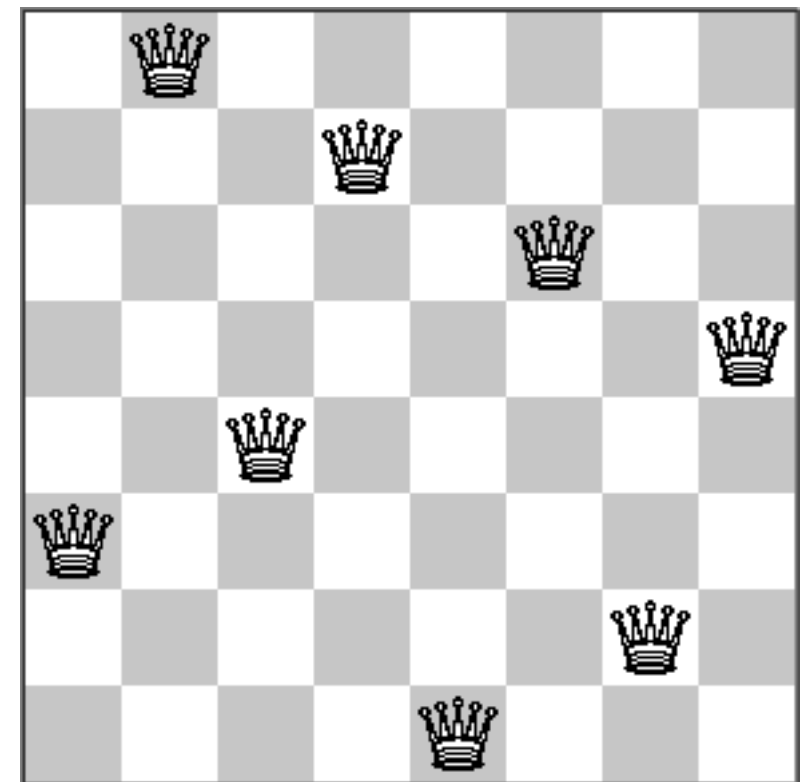
Ajouter une nouvelle reine sur la première case possible
s'il y en a une

S'il n'y en a pas,
faire avancer la reine précédente
sur la case suivante possible
s'il y en a une

S'il n'y en a pas, enlever cette reine et
faire avancer la reine précédente
sur la case suivante possible
s'il y en a une

etc.

Une solution est trouvée
après 114 configurations
étudiées



1. L'aléa pour accélérer les algorithmes

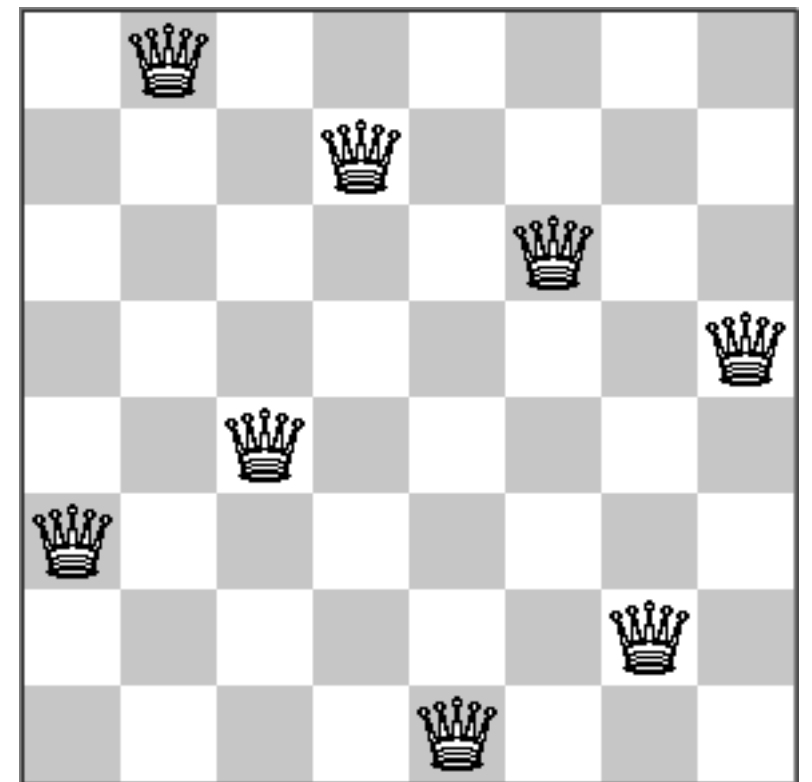
Algorithme d'exploration au hasard :

Considérer les reines déjà placées

Ajouter une nouvelle reine sur une des cases possibles s'il y en a une, **choisie au hasard**.

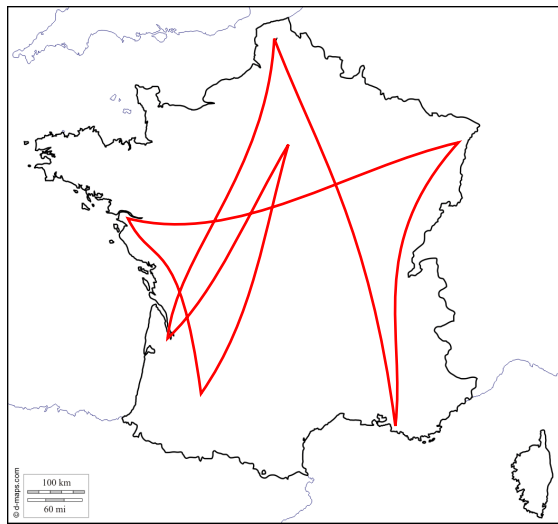
S'il n'y en a pas, on efface tout et on recommence au début.

Une solution est trouvée après 56 configurations en moyenne !

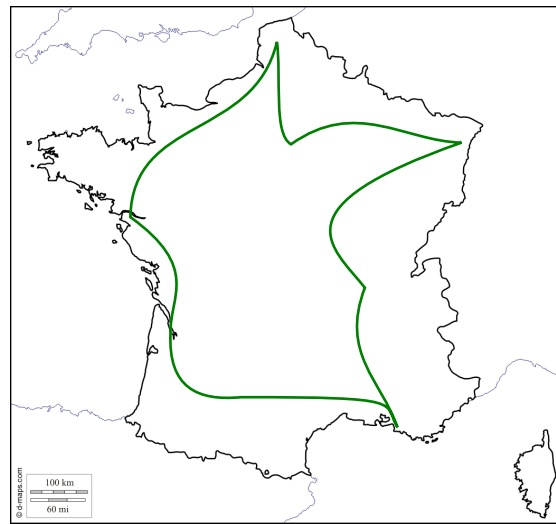


Plus simple et plus rapide

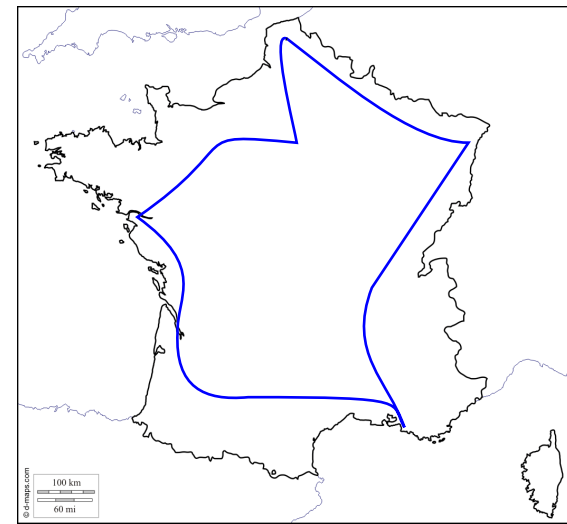
Le voyageur de commerce dans le plan



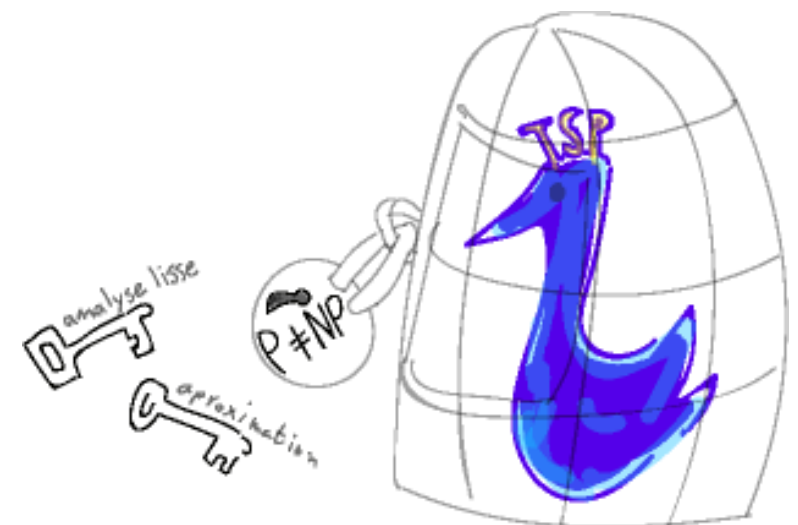
long

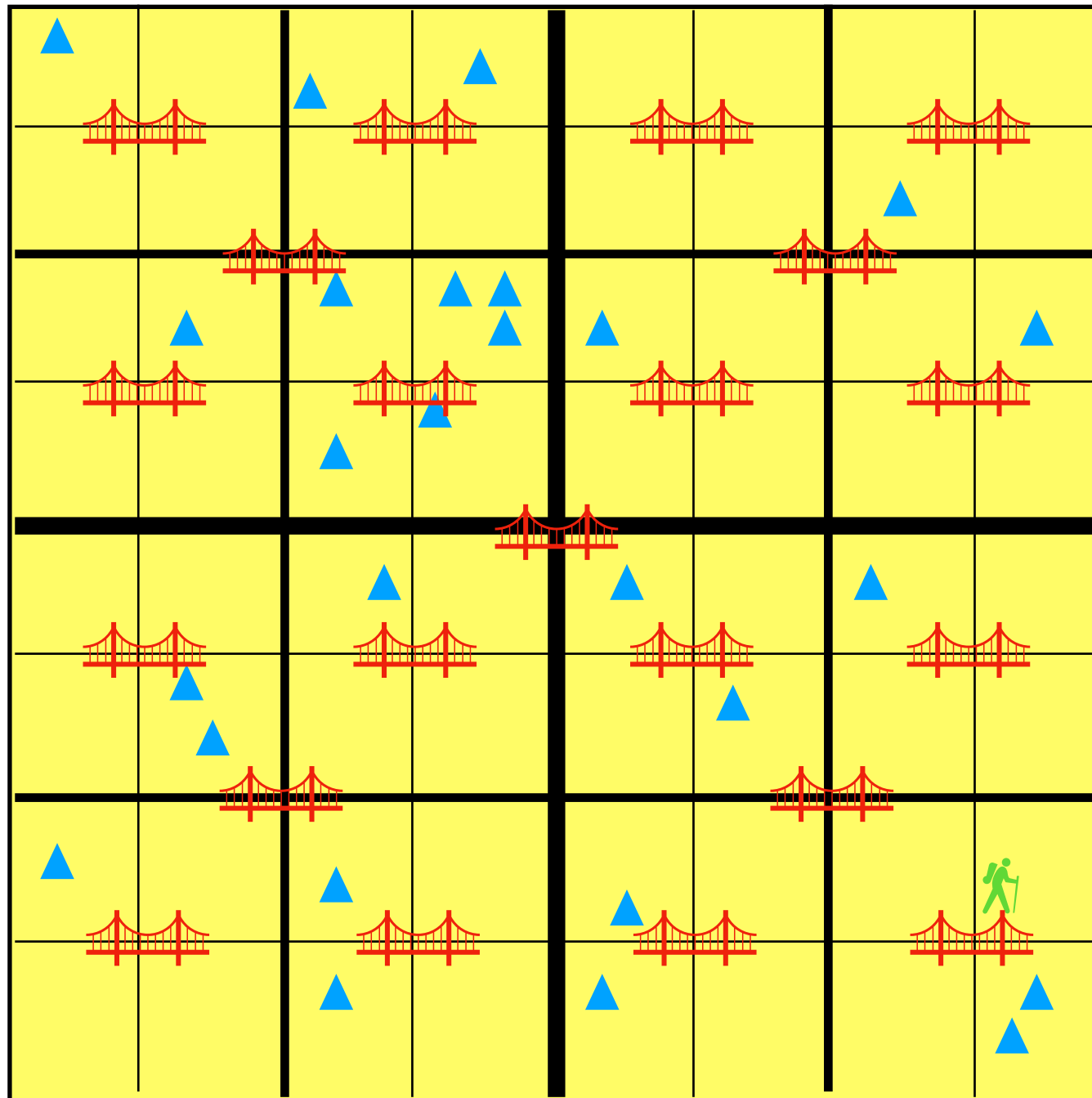


moyen



court





Algorithme

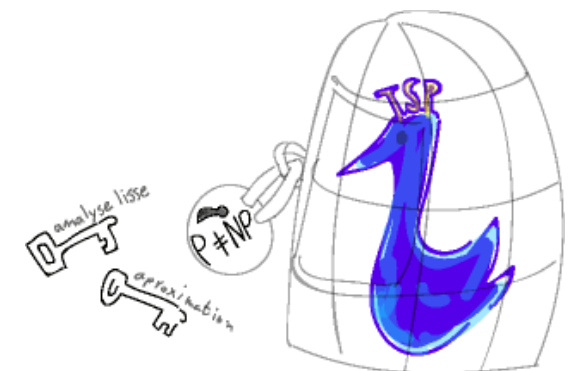
On creuse de profondes tranchées
 On met des ponts
 On regarde le meilleur tour
 sous contrainte :
 il ne peut traverser les tranchées
 que par les ponts

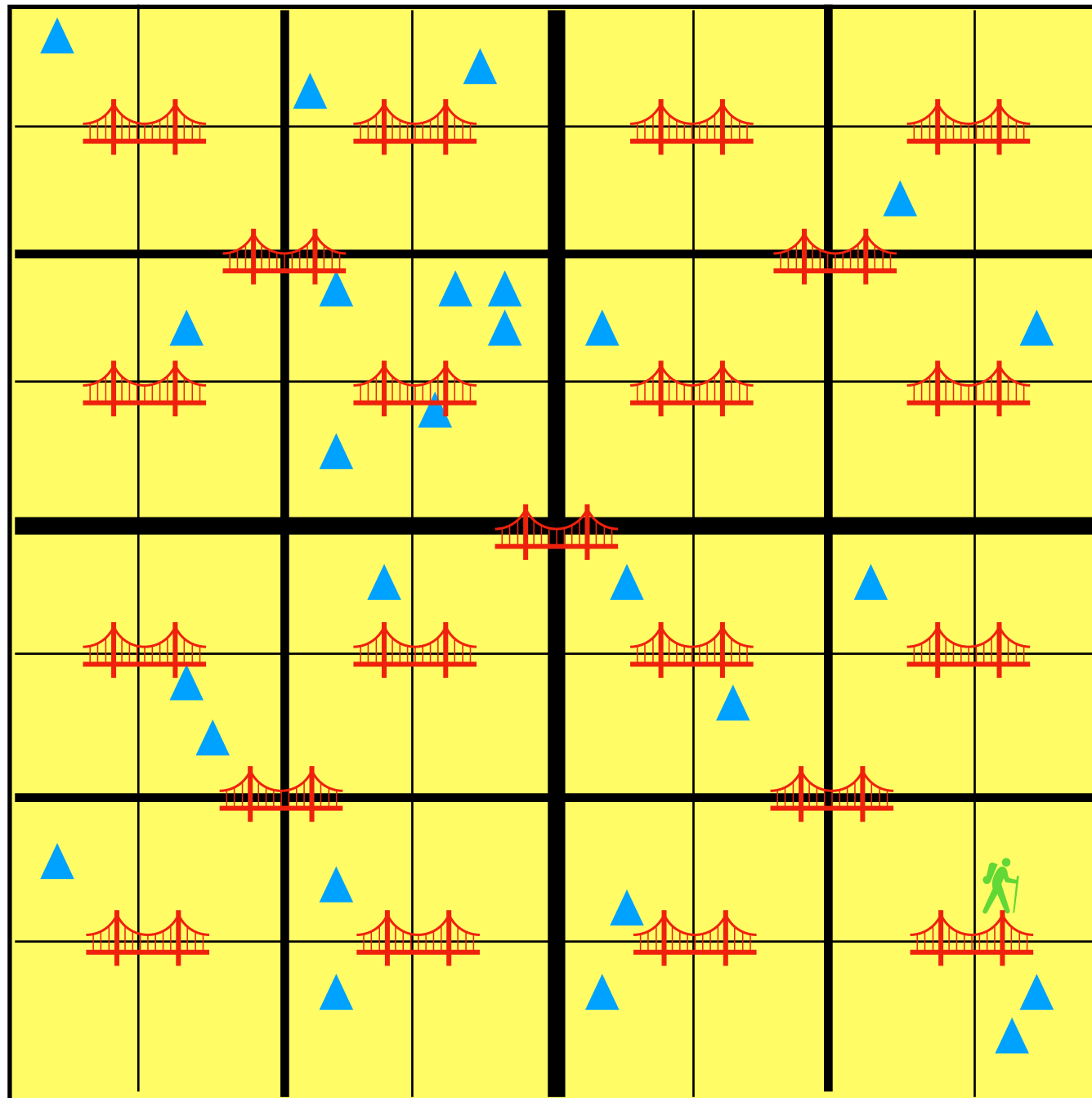
Structure hiérarchique

Calcul du meilleur tour
 sous contrainte
 se fait rapidement

Perte potentielle de qualité

Le tour est plus long
 que nécessaire





L'aléa à la rescousse

si la structure hiérarchique des tranchées est centrée en un lieu choisi au hasard alors la perte de qualité est négligeable !

Algorithme

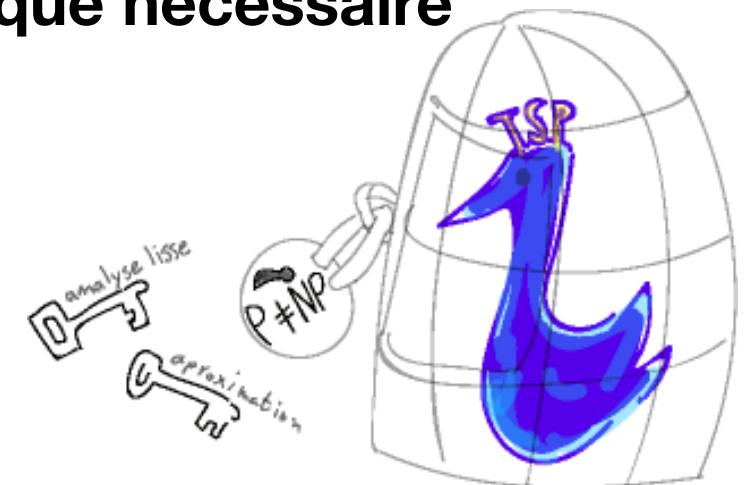
On creuse de profondes tranchées
 On met des ponts
 On regarde le meilleur tour
 sous contrainte :
 il ne peut traverser les tranchées
 que par les ponts

Structure hiérarchique

Calcul du meilleur tour
 sous contrainte
 se fait rapidement

Perte potentielle de qualité

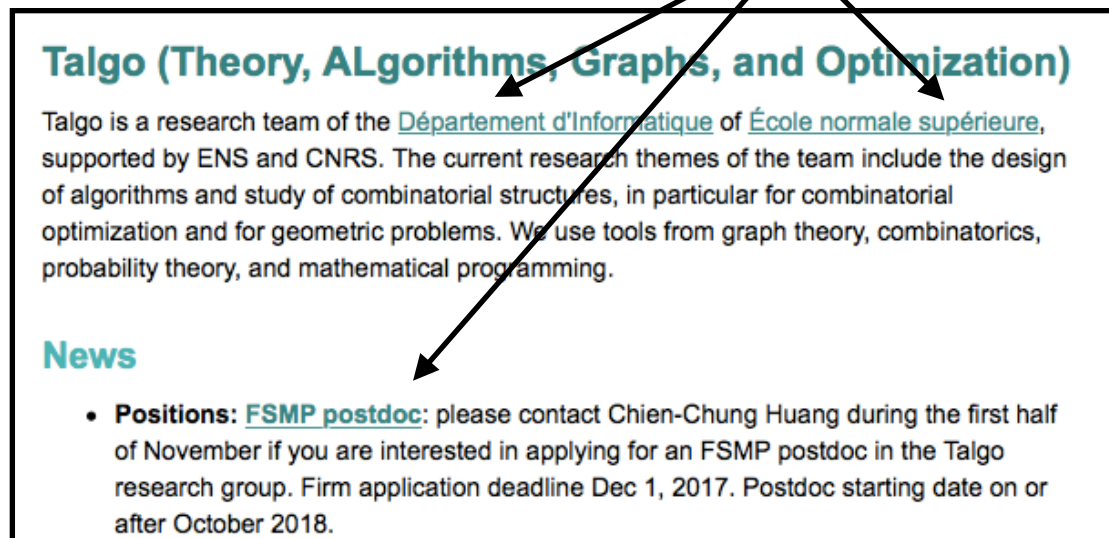
Le tour est plus long
 que nécessaire



2. L'aléa pour modéliser : classement des pages web

moteur de recherche : dans quel ordre montrer les résultats ?

page web avec des **liens**



Talgo (Theory, ALgorithms, Graphs, and Optimization)

Talgo is a research team of the [Département d'Informatique](#) of [École normale supérieure](#), supported by ENS and CNRS. The current research themes of the team include the design of algorithms and study of combinatorial structures, in particular for combinatorial optimization and for geometric problems. We use tools from graph theory, combinatorics, probability theory, and mathematical programming.

News

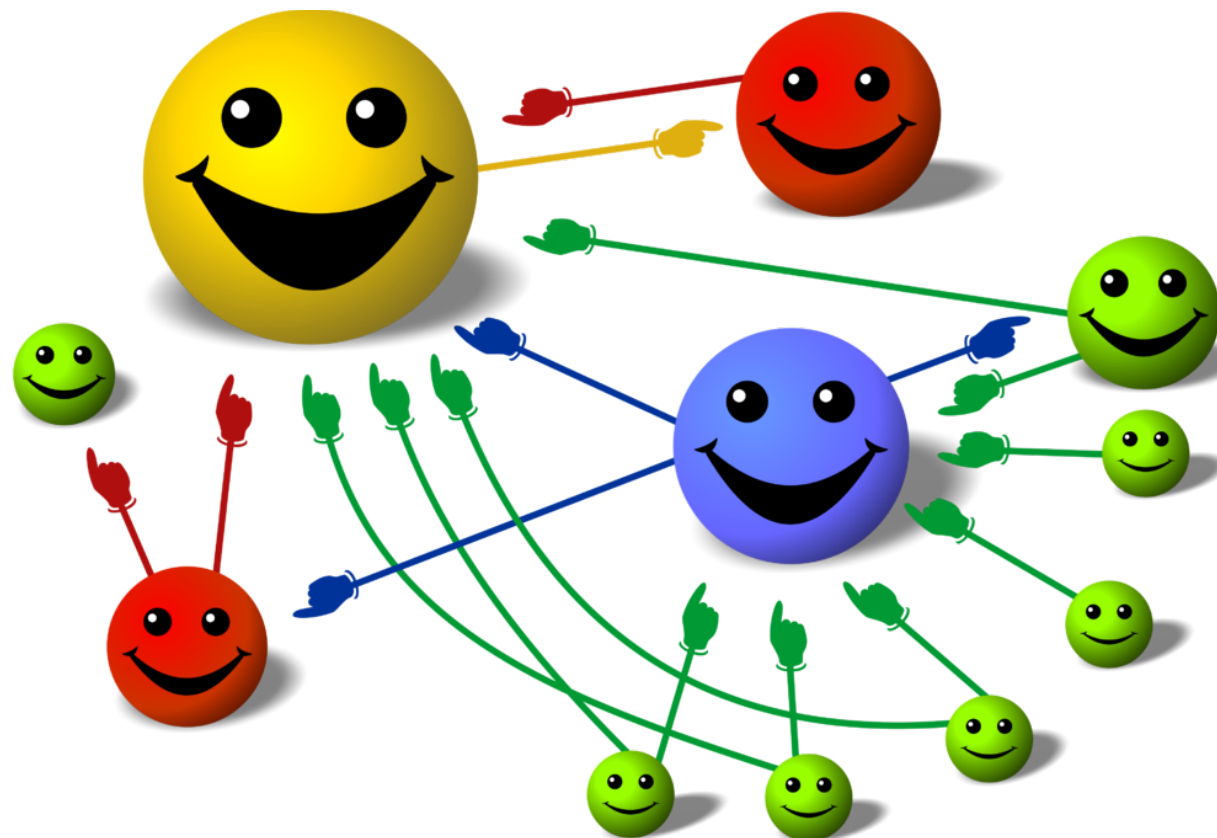
- **Positions: [FSMP postdoc](#):** please contact Chien-Chung Huang during the first half of November if you are interested in applying for an FSMP postdoc in the Talgo research group. Firm application deadline Dec 1, 2017. Postdoc starting date on or after October 2018.

définition : une page est **populaire** si beaucoup d'autres pages ont un **lien** vers elle, surtout si ces pages sont elles-mêmes **populaires**...

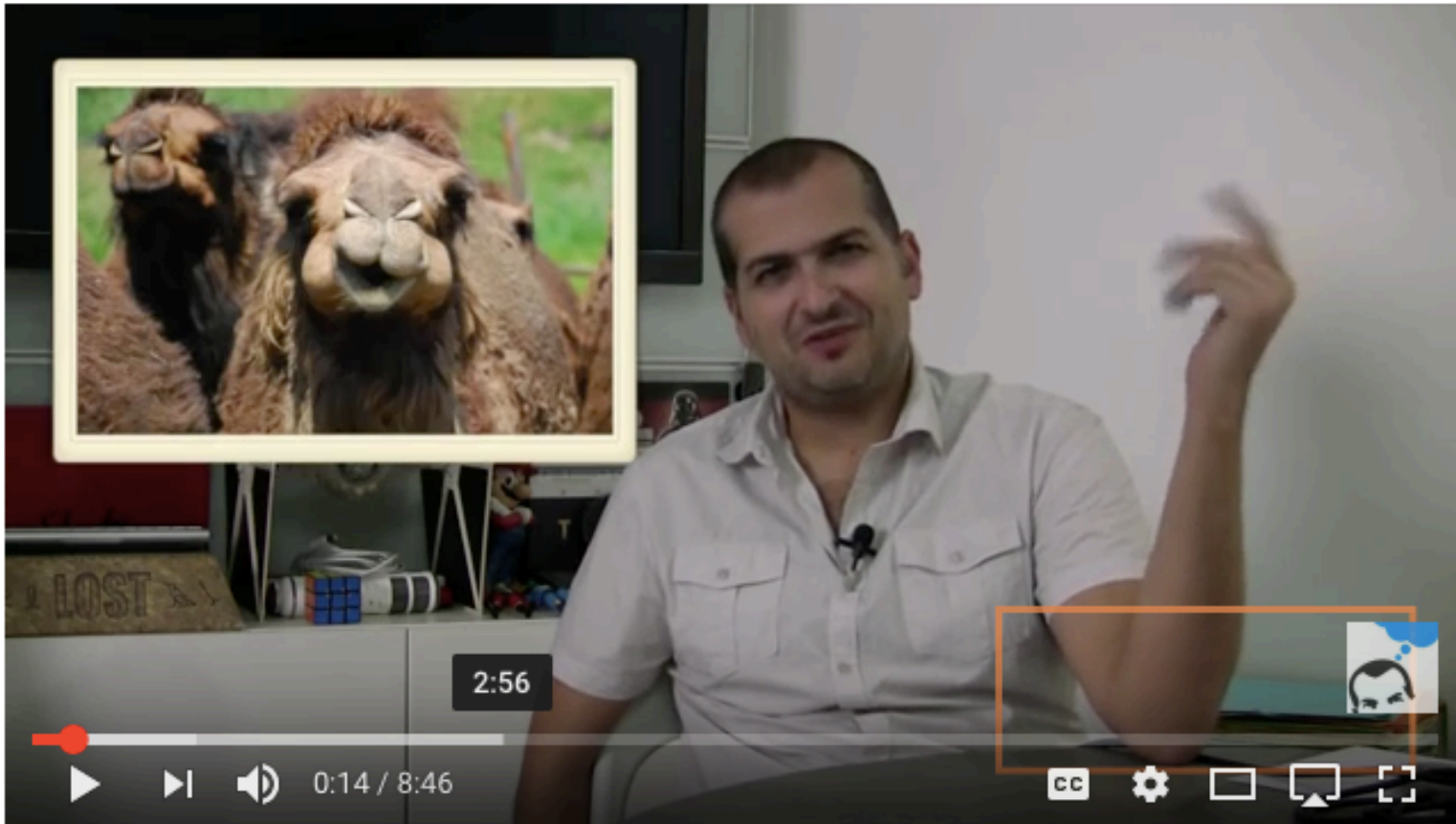
Postulat : une page a de la "valeur" si et seulement si elle est populaire !

l'explorateur du web : partant d'une page au hasard, il clique sur un lien au hasard, puis sur un lien au hasard de la nouvelle page, etc., et de temps à autre redémarre d'une page prise au hasard...

Plus une page est populaire, plus il a de chances de finir sur elle.



Mystère : valeur indépendante du mot-clé (algorithme initial)



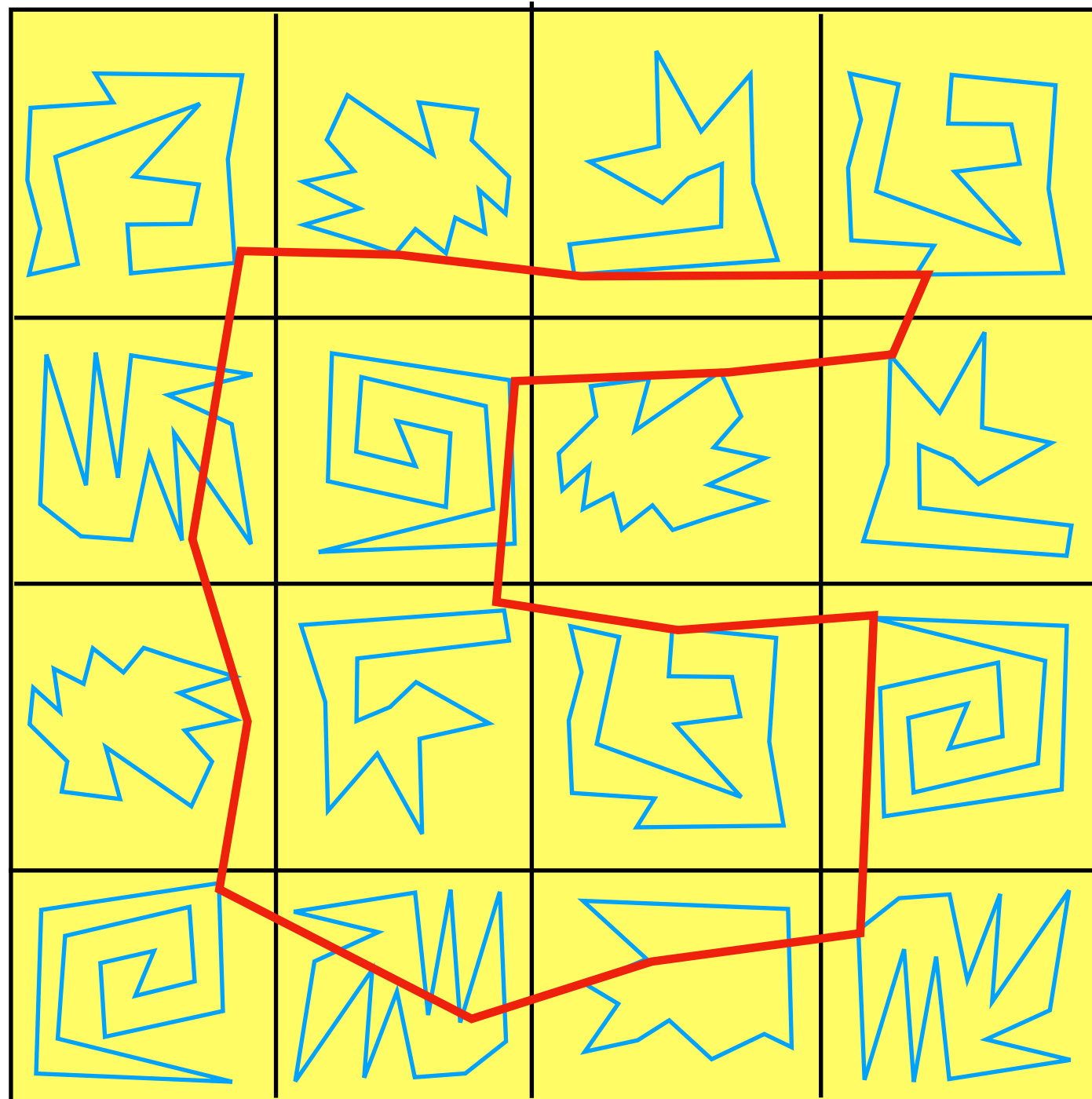
Eratosthène - Un bâton et un chameau pour mesurer la Terre - LPPV.01 - e-penser

1,205,663 views

15K 188 SHARE

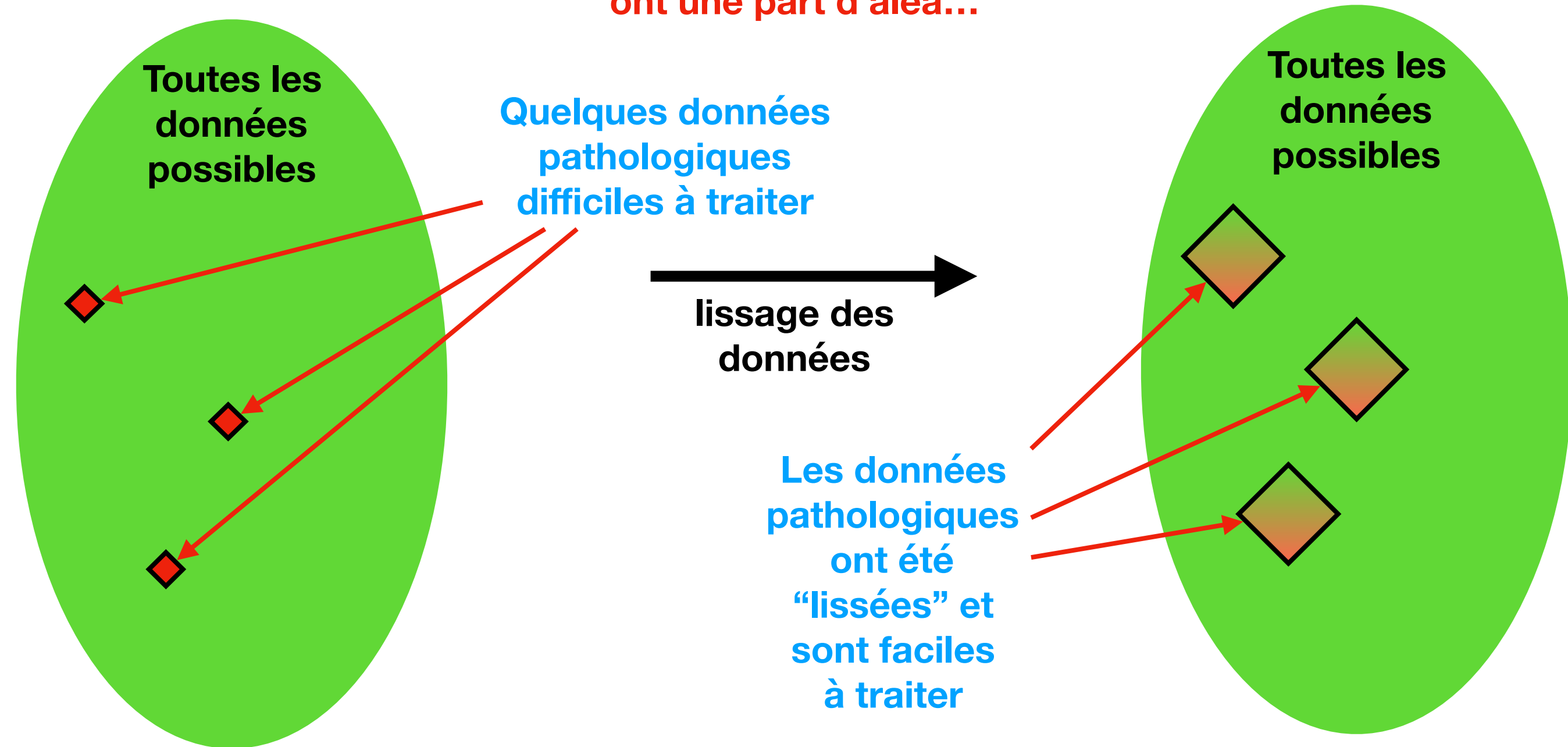
- Up next AUTOPLAY
-  **Guillaume Le Gentil - Mourir deux fois en cherchant Vénus - e-penser**
678K views
9:41
 -  **Dimitri Mendeleiev - Classer les éléments sans les comprendre - e-penser**
1M views
20:00
 -  **Joseph Lagrange - les 2 lunes de la Terre - LPPV.06 - e-penser**
784K views
13:22
 -  **Chute des corps : La balle la plus lourde tombe-t-elle plus vite - e-penser**
710K views
7:28
 -  **La preuve par vieux. l'histoire des**

3. L'aléa pour analyser : analyse en moyenne des algorithmes



Exemple: voyageur de commerce pour des points aléatoires dans le plan

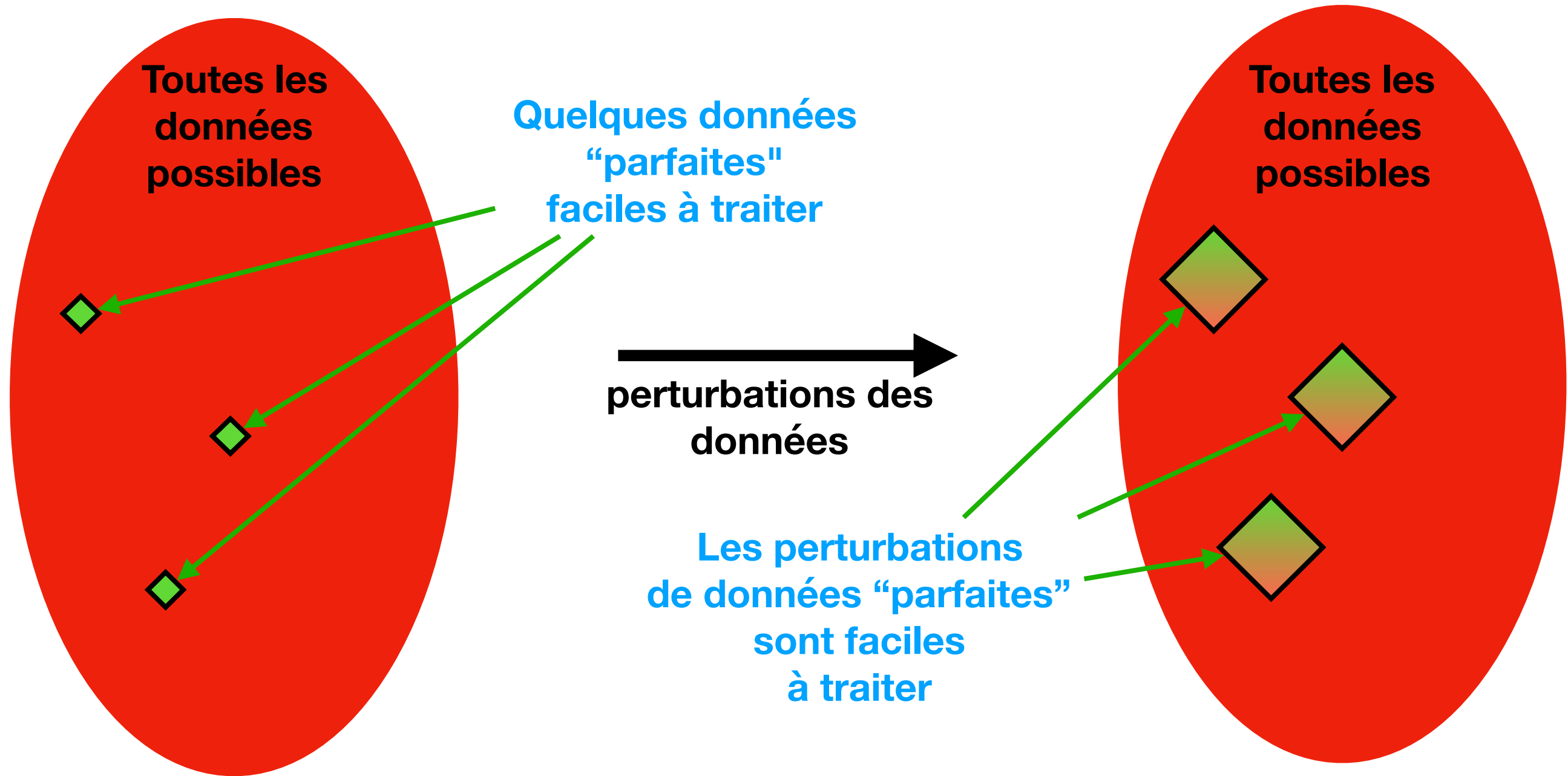
3. L'aléa pour analyser : algorithmes efficaces si les données ont une part d'aléa...



Analyse lisse

Exemple: Résolution de systèmes d'inéquations linéaires

Comprendre pourquoi l'algorithme du simplexe marche bien

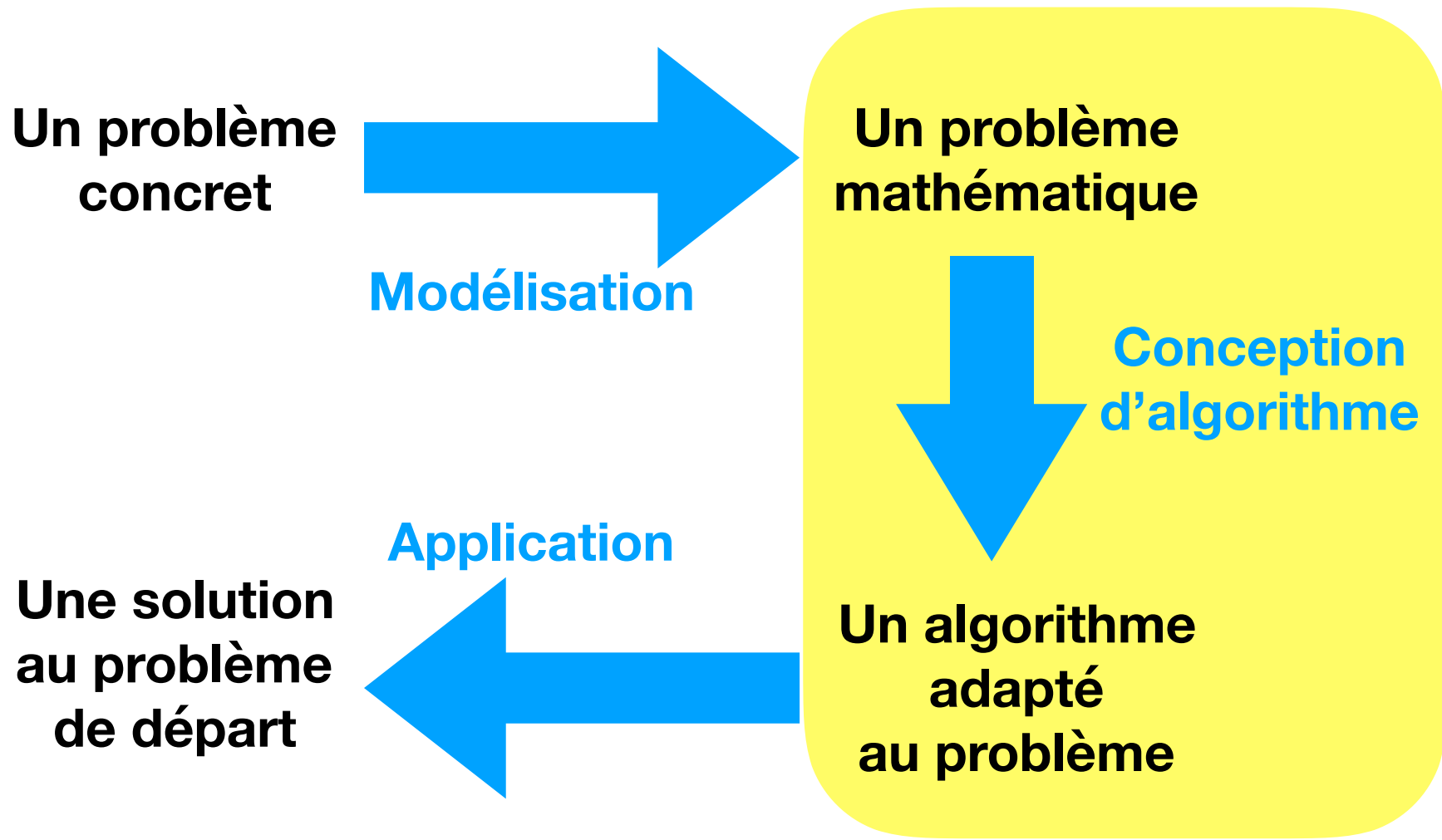


Perturbation des données
Exemple: tri de données presque triées

Données évolutives, incertaines

L'aléa
est une technique précieuse
pour l'algorithmique

Deux façons de comprendre l'algorithmique



Algorithmique : lieu où les problèmes (souvent informatiques) rencontrent les outils mathématiques ?



Algorithmique : un changement de perspective



chiffres romains



chiffres arabes

deux représentations pour un même nombre

Chiffres arabes

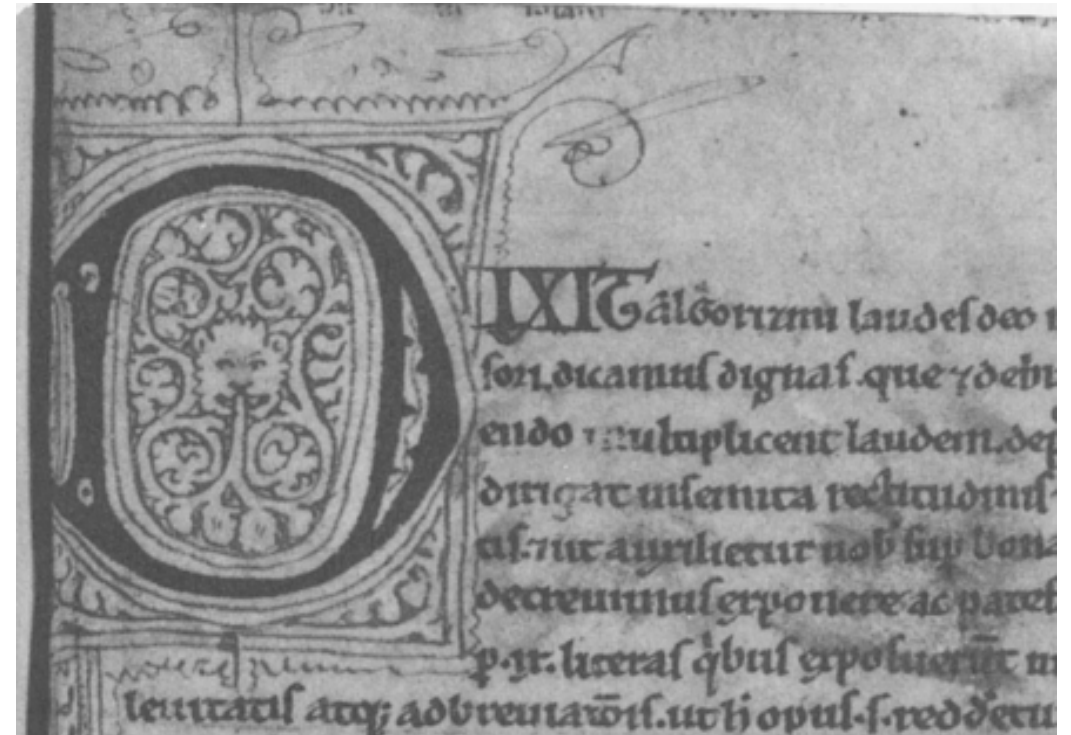


al-Khwarizmi
mathématicien perse
à Bagdad au 9e siècle

Livres (en arabe):

- calcul en numération décimale
- résolution d'équations du premier ou second degré

Traduction en latin 12e siècle



“Dixit algorizmi”

$$x^2 = 40x - 4x^2 \xrightarrow{\text{الجبر}} 5x^2 = 40x$$

x : “la chose”

Liber algebrae et almucabala

Chiffres romains

Encore utilisés en Europe jusque vers les XIVe-XVe siècles même en comptabilité !

Chaque monastère devait avoir un moine capable de calculer le calendrier : fêtes religieuses, date de Pâques.

Les quatre opérations avec nombres en chiffres romains...
Comment multiplier MDCXLVII par CCCLXXII ?

L'efficacité
des chiffres arabes
relativement
aux chiffres romains:
"stupéfiante",
"magique",
"satanique"...

Arthur Clarke: "Toute technologie
suffisamment avancée
ressemble à s'y méprendre
à de la magie."



Gerbert d'Aurillac (Sylvestre II)

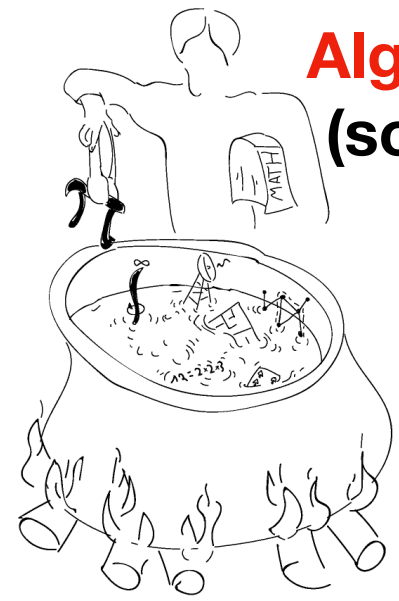
16e siècle : triomphe du système d'écriture décimale avec chiffres arabes



**"XII" et "12" : un seul nombre,
deux représentations**
Point de vue algorithmique :
aisance de constructions
à partir de briques de base



Algorithmique : lieu où les problèmes
(souvent informatiques) rencontrent
les outils mathématiques ?



L'algorithmique donne
un nouveau
point de vue sur les sciences

Sans ce point de vue :
“Est-ce que cela existe ?
Quelles propriétés ?”

Avec ce point de vue :
“Comment le construire ?
Comment construire avec ?
Combien de temps ça prend ?”



**Qu'est-ce qu'un “bon”
algorithme ?**

L'exemple d'APB

L'algorithme APB (Admission Post Bac)

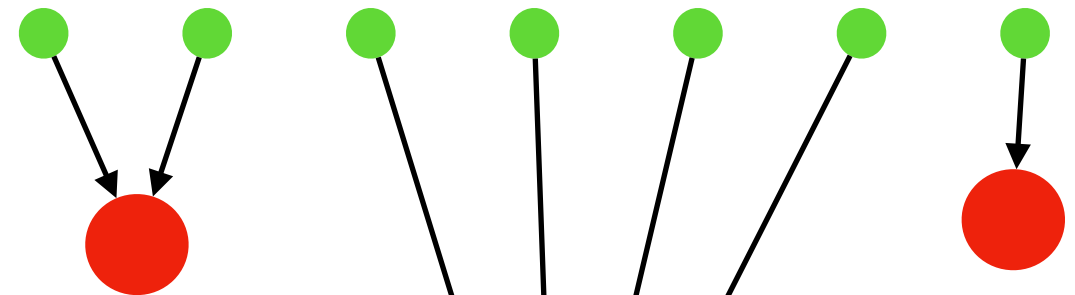
But :
Répartir les étudiants dans les formations de l'enseignement supérieur

- Chaque étudiant classe **ses vœux** de formations
- Chaque formation classe **partiellement** les étudiants candidats

Algorithme Mystère APB



affectation
des étudiants aux formations



Internes et hôpitaux aux USA

But :
Répartir les internes dans les hôpitaux

- Chaque interne classe ses voeux d'hôpitaux
- Chaque formation classe les étudiants candidats



Algorithme de Gale-Shapley (étendu)



affectation des internes aux hôpitaux

Période 1:

**pas assez d'internes : compétition entre hôpitaux
offres de plus en plus tôt
2e-3e année d'études**

Période 2:

**Règle : interdiction avant la 4e année
offres avec délai de plus en plus court
réduit à quelques heures**

Période 3:

**Étudiants et hôpitaux se classent mutuellement
1950 : algorithme non stable
1952 : algorithme de Gale-Shapley (étendu) version 1
1995 : algorithme de Gale-Shapley (étendu) version 2**



Simplification : problème des affectations

- Chaque étudiant classe **toutes** les formations
- Chaque formation classe **tous** les étudiants

Classement par les formations

Paris (2 places) : A, D, C, B, E

Versailles (2 places) : A, C, D, B, E

Lille (1 place) : C, E, B, A, D

Classement par les étudiants

Anne : P, V, L

Berthe : L, P, V

Claire : P, L, V

Douce : L, P, V

Emma : P, L, V

Algorithmme

Affectation

Paris : Anne, Douce

Versailles : Berthe, Emma

Lille : Claire

(In-)Stabilité

Classement par les formations

Paris (2 places) : A, D, C, B, E

Versailles (2 places) : A, C, D, B, E

Lille (1 place) : C, E, B, A, D

Classement par les étudiants

Anne : P, V, L

Berthe : L, P, V

Claire : P, L, V

Douce : L, P, V

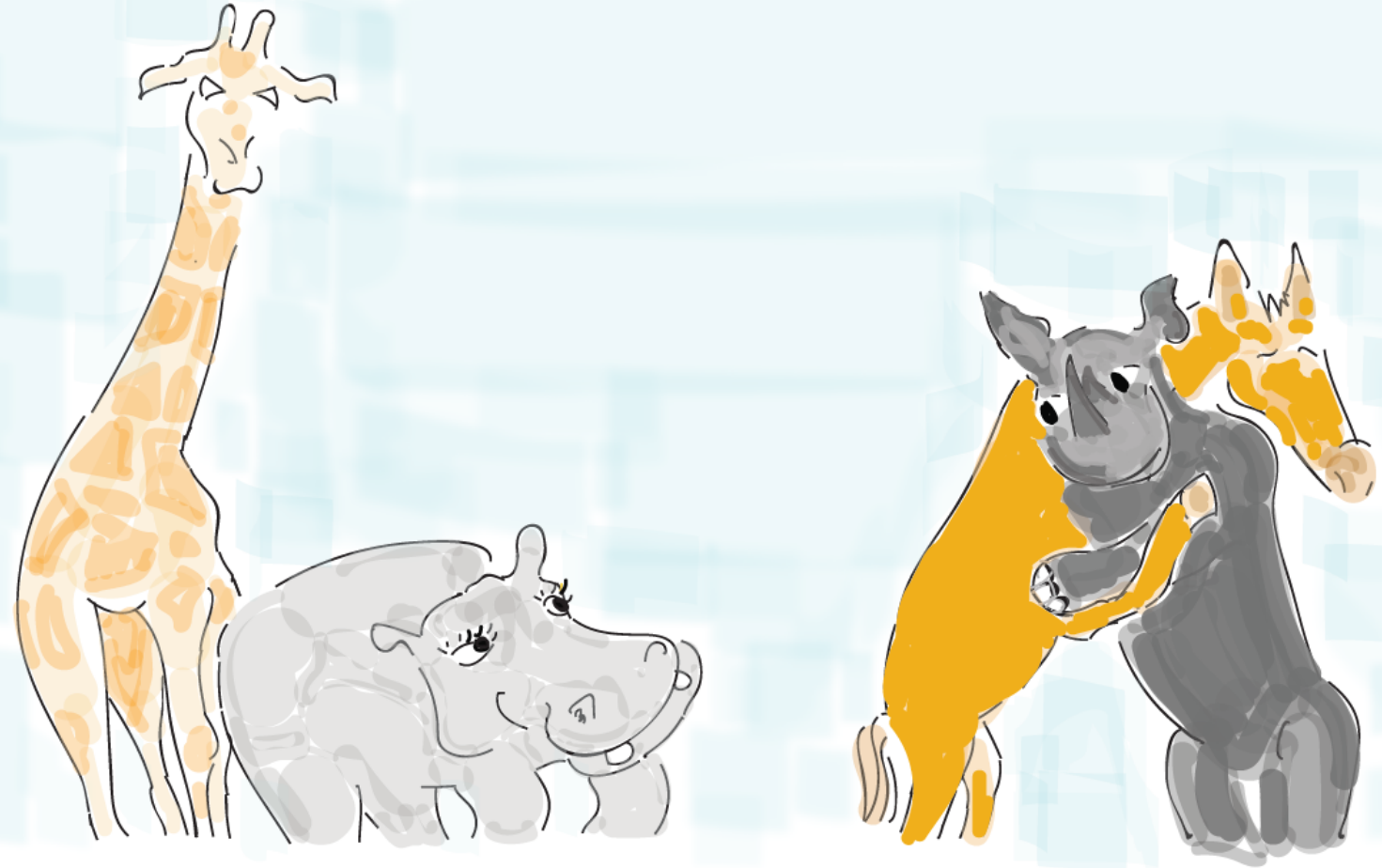
Emma : P, L, V

Une affectation

Paris : Berthe, Douce

Versailles : Claire, Emma

Lille : Anne



Versailles

Claire

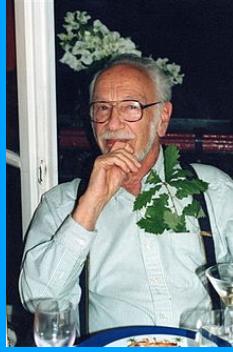
Anne

Lille

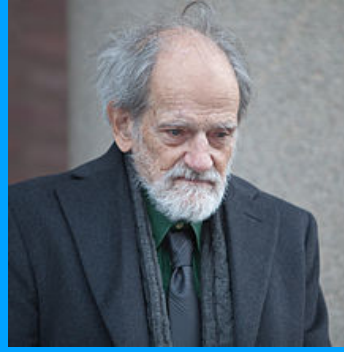
Instable !

Existe-t'il une affectation stable ?

Algorithme de



et



- Chaque étudiant classe **toutes** les formations
- Chaque formation classe **tous** les étudiants

Tous les matins

Chaque étudiant se présente à la première université sur sa liste

Tous les midis

Chaque université regarde les étudiants présents
répond “peut-être, on verra, revenez demain” à ses préférés jusqu’à capacité,
et rejette les autres étudiants présents

Tous les soirs

Chaque étudiant rejeté enlève l'université de sa liste

Lorsque plus personne n'est rejeté:

Tous les “peut-être” deviennent “oui”.

Le résultat est une affectation stable

Classement par les formations

Paris (2 places) : A, D, C, B, E

Versailles (2 places) : A, C, D, B, E

Lille (1 place) : C, E, B, A, D

Classement par les étudiants

Anne : P, V, L

Berthe : L, P, V

Claire : P, L, V

Douce : L, P, V

Emma : P, L, V

Lundi

Classement par les formations

Paris (2 places) : **A**, D, **C**, B, ■

Versailles (2 places) : A, C, D, B, E

Lille (1 place) : C, E, **B**, A, ■

Classement par les étudiants

Anne : **P**, V, L

Berthe : **L**, P, V

Claire : **P**, L, V

Douce : ■ P, V

Emma : ■ L, V

Mardi

Classement par les formations

Paris (2 places) : **A**, **D**, ■ B, ■

Versailles (2 places) : A, C, D, B, E

Lille (1 place) : C, **E**, ■ A, ■

Classement par les étudiants

Anne : **P**, V, L

Berthe : ■ P, V

Claire : ■ L, V

Douce : ■ **P**, V

Emma : ■ **L**, V

Etc.

Classement par les formations

Paris (2 places) : **A**, **D**, ■, ■, ■

Versailles (2 places) : A, C, D, **B**, **E**

Lille (1 place) : **C**, ■, ■, A, ■

Classement par les étudiants

Anne : **P**, V, L

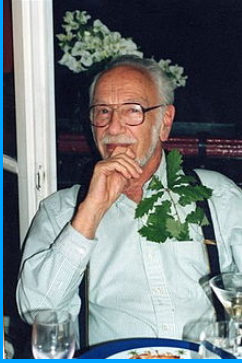
Berthe : ■ ■ **V**

Claire : ■ **L**, V

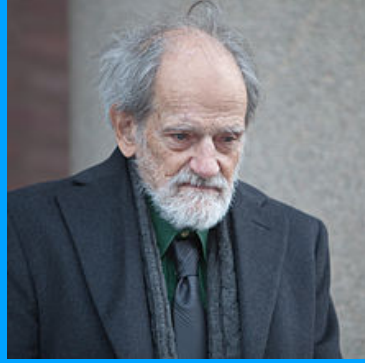
Douce : ■ **P**, V

Emma : ■ ■ **V**

Algorithme de



et



De belles propriétés

- : affectation de l'algorithme
- : une autre affectation stable

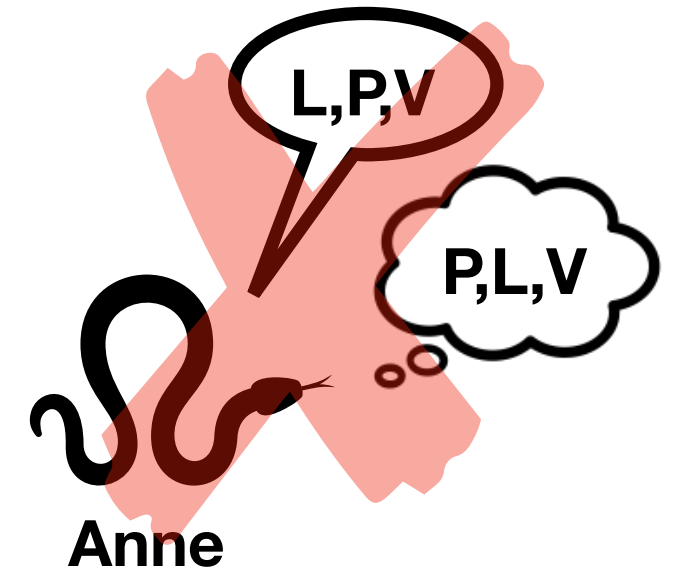


Pas d'instabilité

Classement par les étudiantes

Anne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Berthe		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Claire		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Douce			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

- : meilleure affectation possible pour chaque étudiante



Pas de mensonges

Rapide, robuste, pas forcément synchrone

Application à l'admission Post Bac

Chaque année : 700000 étudiants, 10000 formations universitaires

3 types de formations :

1. sélectives : accès aux résultats scolaires des candidats.

L'algorithme s'applique
APB au départ (2003) : prépas seulement

2. non-sélectives : davantage de places que de candidats

L'algorithme s'adapte

3. non-sélectives en tension : pas d'accès aux résultats scolaires des candidats, mais classement dépend des préférences des candidats:

**Les candidats font un classement stratégique : incite à manipulation !
Les formations ne peuvent pas différencier les candidats, d'où tirage au sort !**

Code de l'éducation

Article L. 612-3

Le premier cycle est ouvert à tous les titulaires du baccalauréat et à ceux qui ont obtenu l'équivalence ou la dispense de ce grade en justifiant d'une qualification ou d'une expérience jugées suffisantes conformément à l'article L. 613-5.

Tout candidat est libre de s'inscrire dans l'établissement de son choix. Il doit pouvoir, s'il le désire, être inscrit en fonction des formations existantes lors de cette inscription dans un établissement ayant son siège dans le ressort de l'académie où il a obtenu le baccalauréat ou son équivalent ou, en cas de dispense, dans l'académie où est située sa résidence. Lorsque l'effectif des candidatures excède les capacités d'accueil d'un établissement, constatées par l'autorité administrative, les inscriptions sont prononcées, après avis du président de cet établissement, par le recteur chancelier, selon la réglementation établie par le ministre chargé de l'enseignement supérieur, **en fonction** du domicile, de la situation de famille du candidat et **des préférences exprimées par celui-ci**.

Les dispositions relatives à la répartition entre les établissements et les formations excluent toute sélection. [...]

incite le candidat à mentir !

**Erreur de conception,
non de l'algorithme,
mais de la loi**

**Les contraintes légales doivent
être posées en concertation avec
les concepteurs d'algorithmes**

Le nouvel algorithme

3. formations non-sélectives en tension :

- accès aux résultats scolaires des candidats pour recommander “remise à niveau” éventuelle,
- pas de classement par les candidats

Plus de classement stratégique, donc plus de manipulations !

Les formations peuvent différencier les candidats, donc plus de tirage au sort !

Remise à niveau préserve accès de droit à l'enseignement supérieur

**Les problèmes les plus graves d'APB sont évités
mais d'autres problèmes apparaîtront peut-être...**

**La prochaine
controverse algorithmique :
découpages électoraux**

Découpage électoral

Évolution de la population (recensement) conduit à une mise à jour du découpage électoral

Aux USA: les états sont découpés en districts, dans la plupart des états chaque district élit un représentant, constituant la chambre des représentants

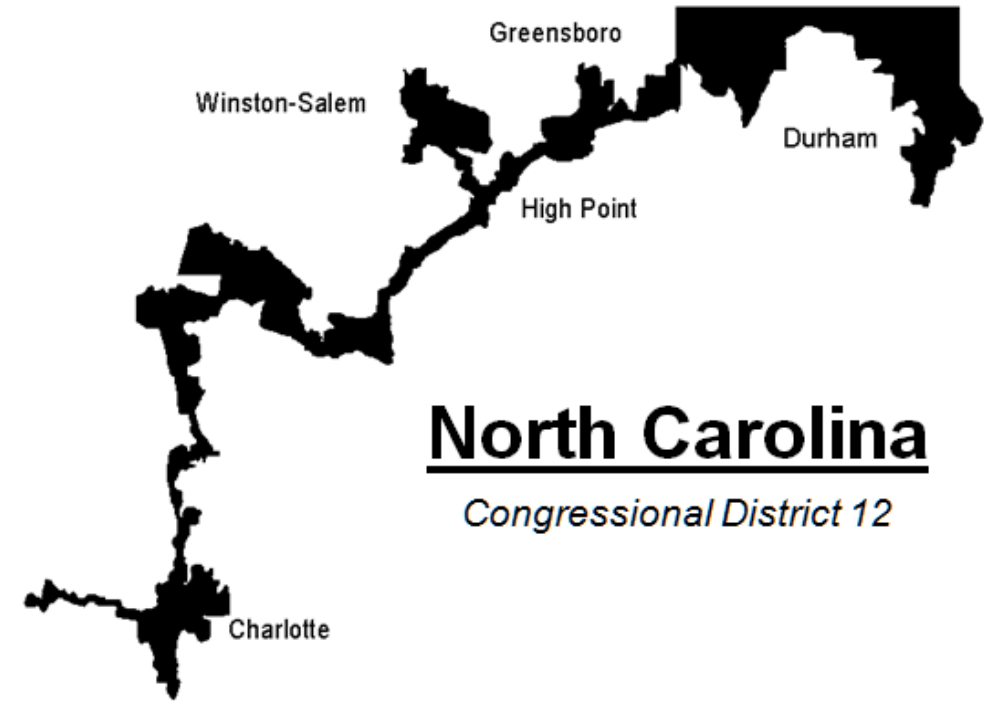
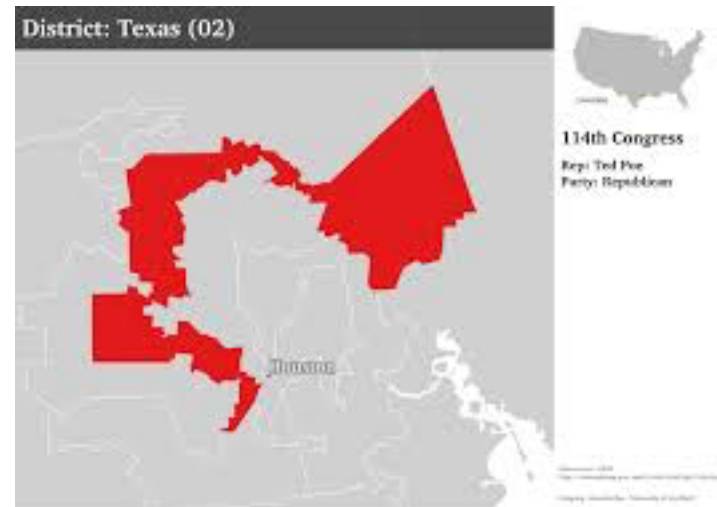
USA : recensement en 2020

**Recensement suivi d'une mise à jour du découpage électoral
Les algorithmes peuvent-ils aider
à construire un meilleur découpage en districts?**

France : réduction du nombre de députés

Scrutin législatif : découpage en circonscriptions regroupant des cantons

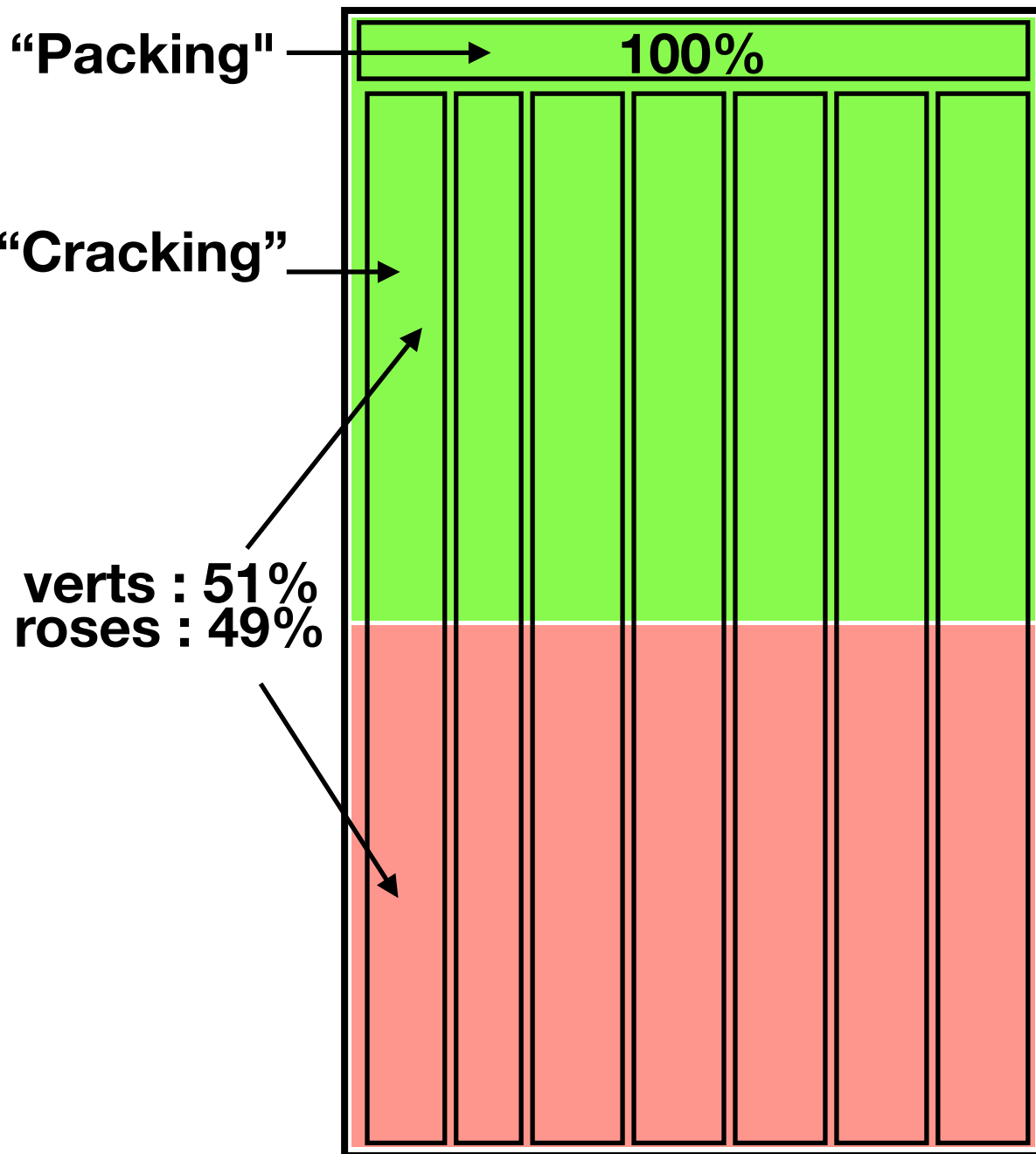
Que se passe-t-il aux USA ?



“Gerrymandering” :
découper en fonction des prévisions des choix des électeurs de
façon à indûment favoriser son propre parti

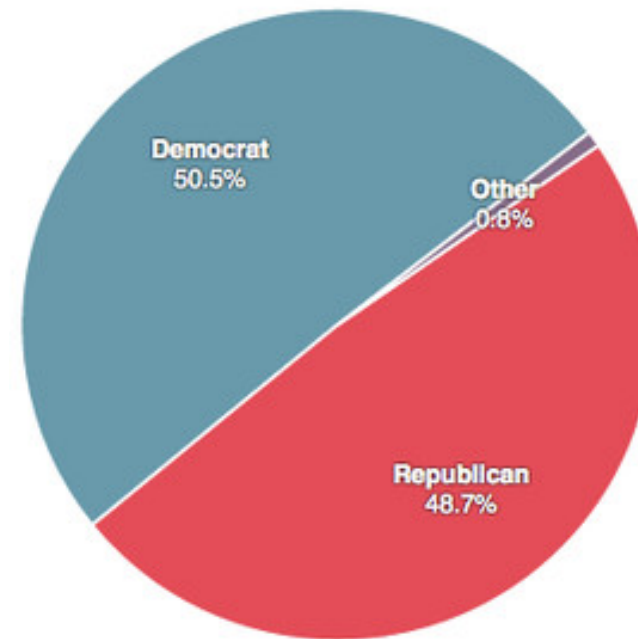
Comment obtenir la majorité des représentants en ayant remporté une minorité des suffrages

La théorie

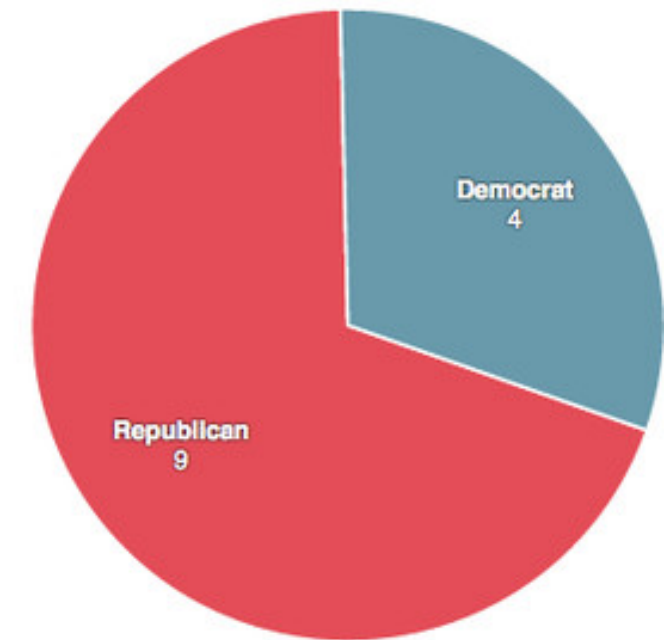


La réalité : USA élections 2012

N.C. U.S. House vote, 2012



N.C. U.S. House results, 2012



Est-ce légal aux USA ?

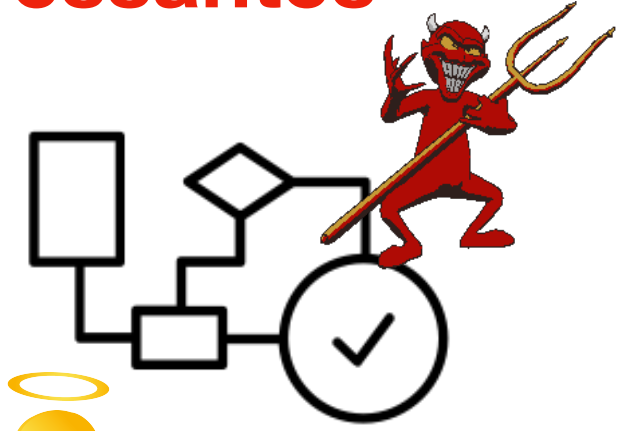
Cour Suprême : les représentants doivent représenter la volonté du peuple.

4 critères :

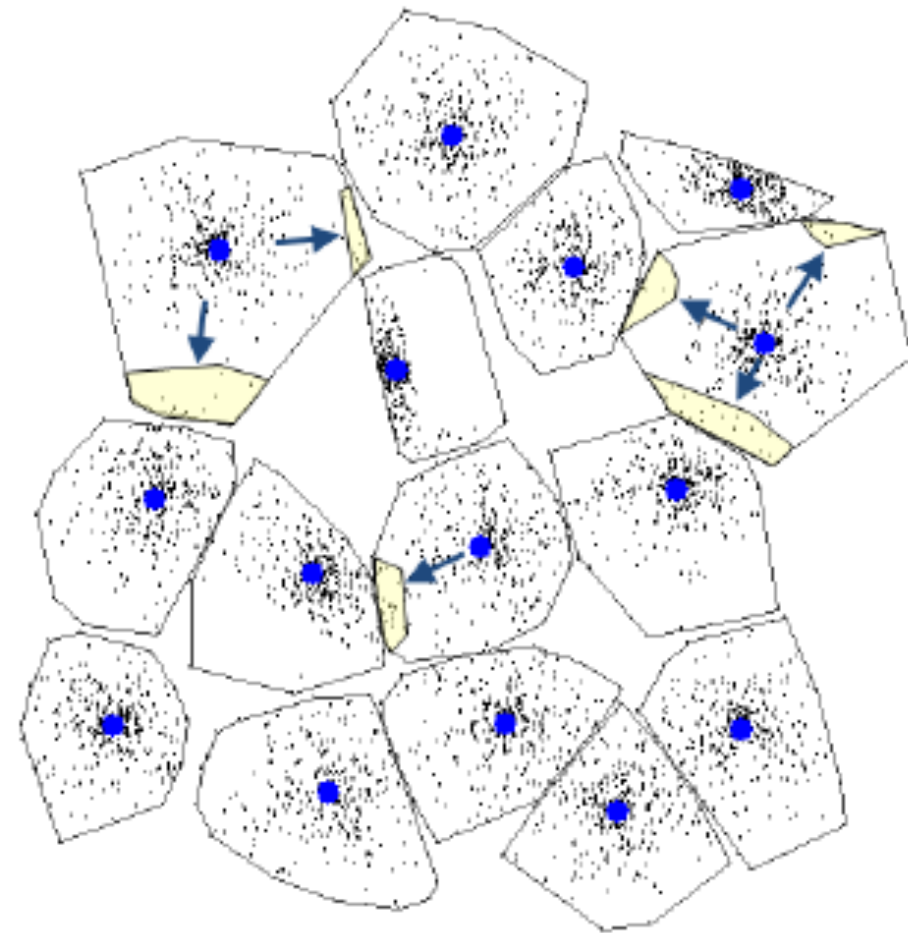
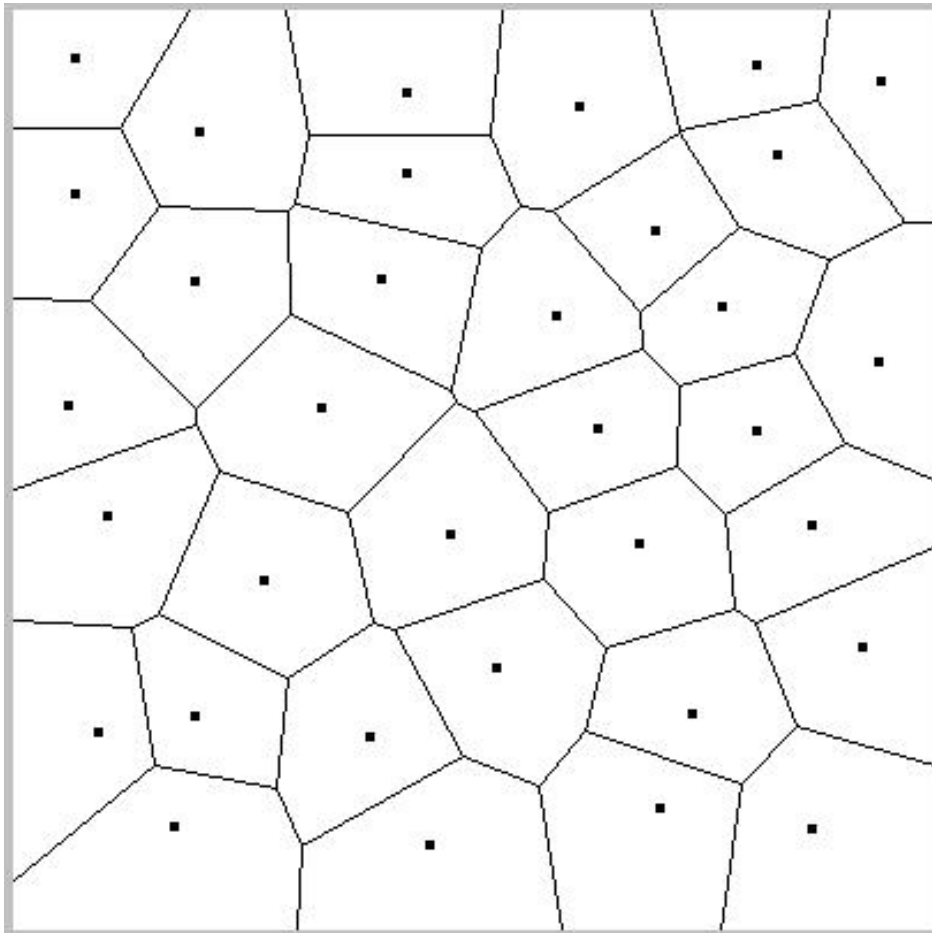
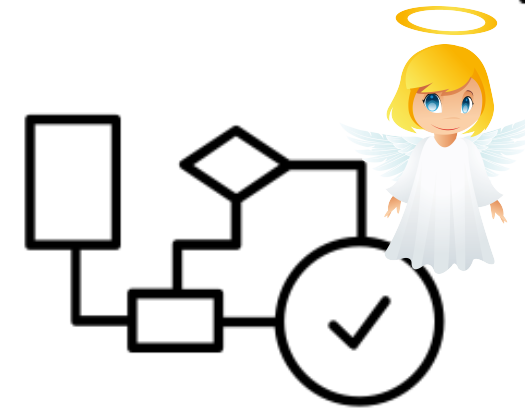
- les districts doivent être **“continus”** : connexes, d’un seul tenant
- les districts doivent être de population **à peu près égale** : environ 51%-49% au pire
- les **groupes minoritaires** doivent avoir une chance d’élire un des leurs : dans des lieux en tension, **“minority opportunity districts”**
- les districts doivent être **“compacts”** : non défini

Trois questions mathématiquement intéressantes

Sujet de recherche : algorithme de découpage pour favoriser mon parti préféré tout en restant dans la légalité



Sujet de recherche : définir “compact” pour éviter les découpages abusifs

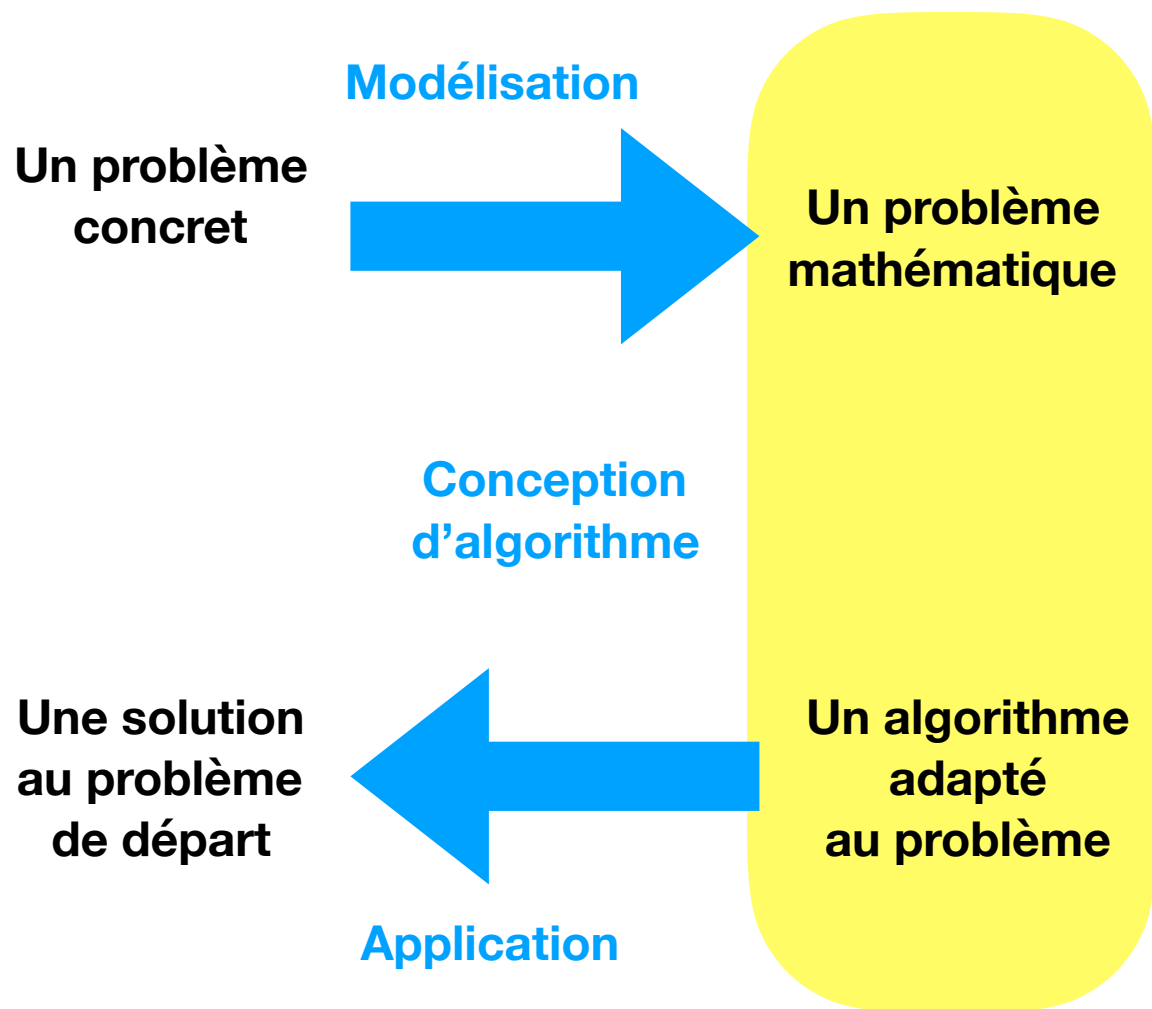


Sujet de recherche : changer le mode de scrutin

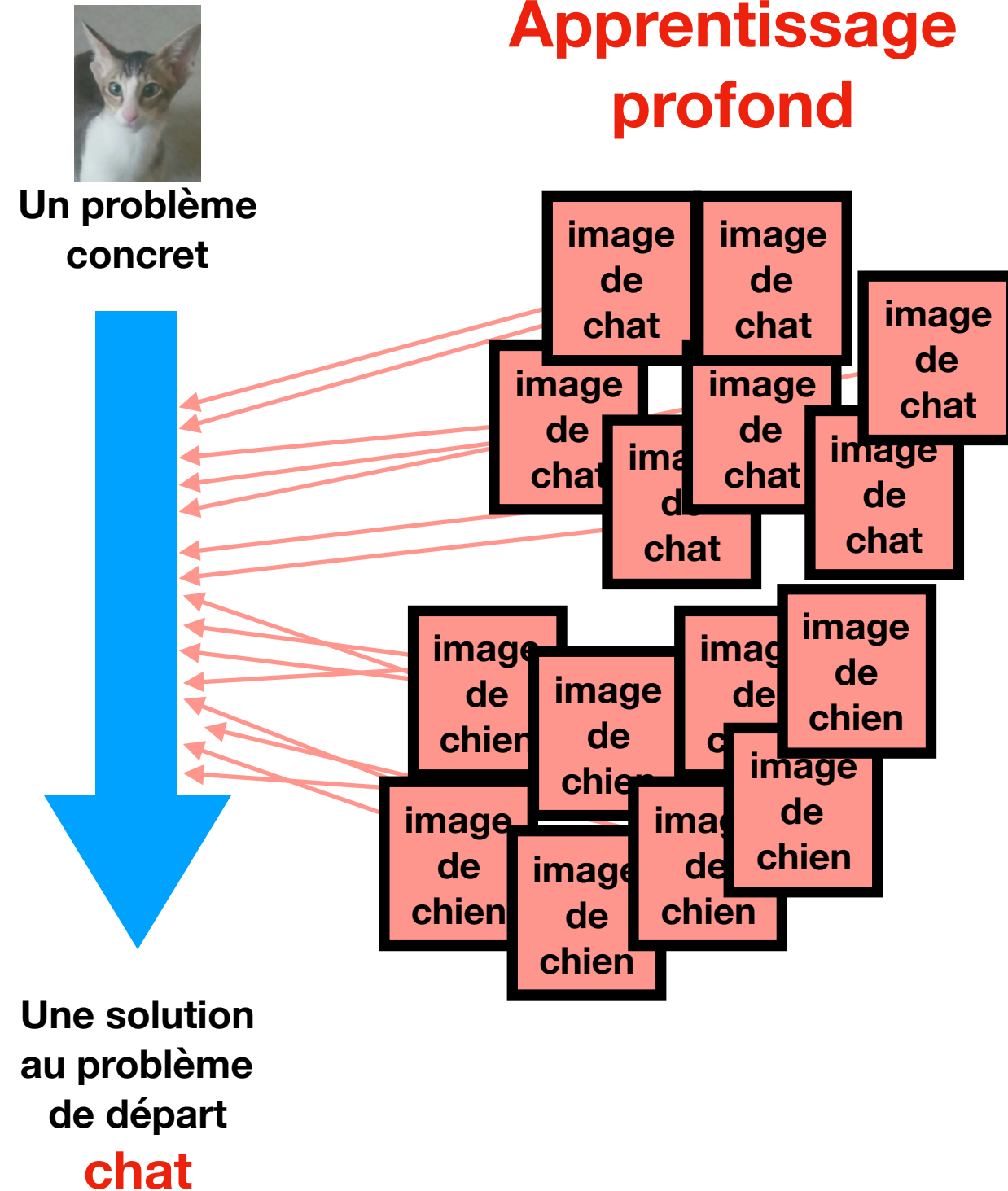
Conclusion

Ce dont je n'ai pas parlé

Conception classique d'algorithmes



Apprentissage profond



Impacts des algorithmes sur la société

Greffes de reins

- les algorithmes **aident** les médecins
- questions d'efficacité

Algorithme APB

- les algorithmes **peuvent aider** les étudiants
- questions d'équité et de sincérité

Découpage électoral

- les algorithmes **pourraient aider** les politiques
- questions de représentativité

**Les algorithmes ne sont pas
responsables des dysfonctionnements**

Le citoyen est désormais concerné.

