

Unpaired Kidney Exchange:

Overcoming the double coincidence of wants without a medium of exchange

Conférence AFSE et DG Trésor

Mohammad Akbarpour, *Stanford GSB*

Julien Combe, CREST – Ecole polytechnique

Yinghua He, *Rice U*

Victor Hiller, LEMMA - *University Paris II*

Robert Shimer, *University of Chicago*

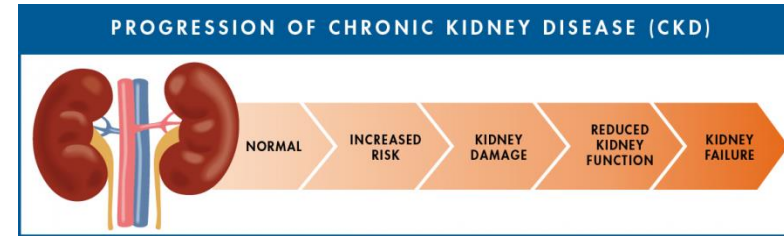
Olivier Tercieux, *CNRS & PSE*



Décembre 2019

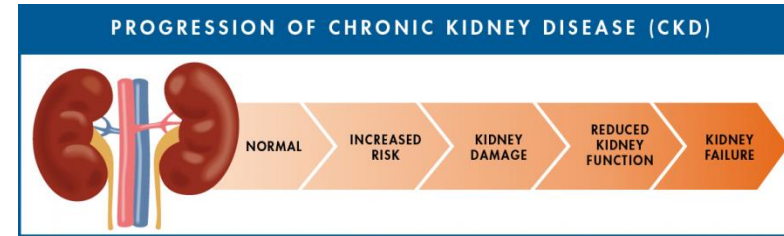


Don croisé



- Maladie rénale chronique (MRC):
 - 11e cause de décès au monde (2016 Global Burden of Disease Study)
 - 1.2 millions morts dans le monde par an
 - A doublé depuis 1990

Don croisé

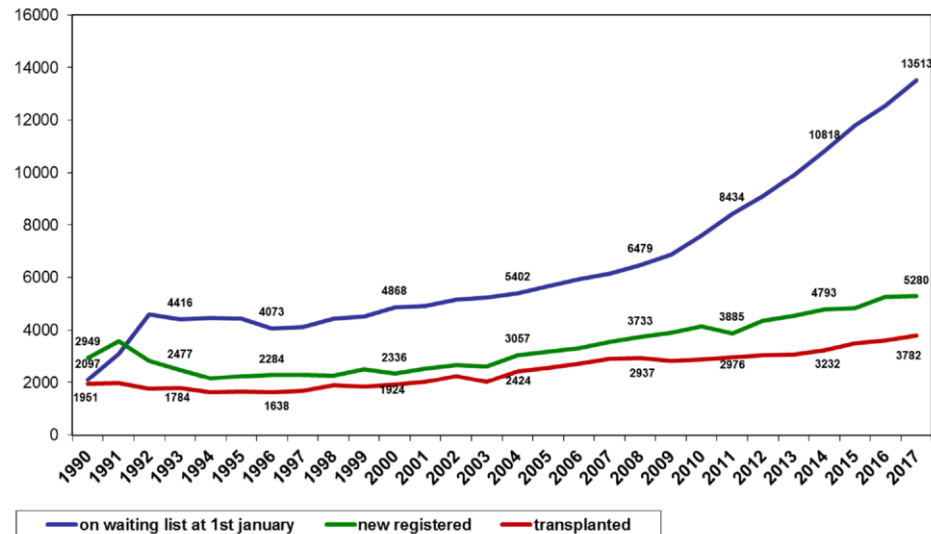


- Maladie rénale chronique (MRC):
 - 11e cause de décès au monde (2016 Global Burden of Disease Study)
 - 1.2 millions morts
 - A doublé depuis 1990
- Greffe v.s. dialyse:
 - Meilleure espérance de vie (+ 7 ans)
 - Plus bas coût (environ 730 000\$ par patient)



Don croisé

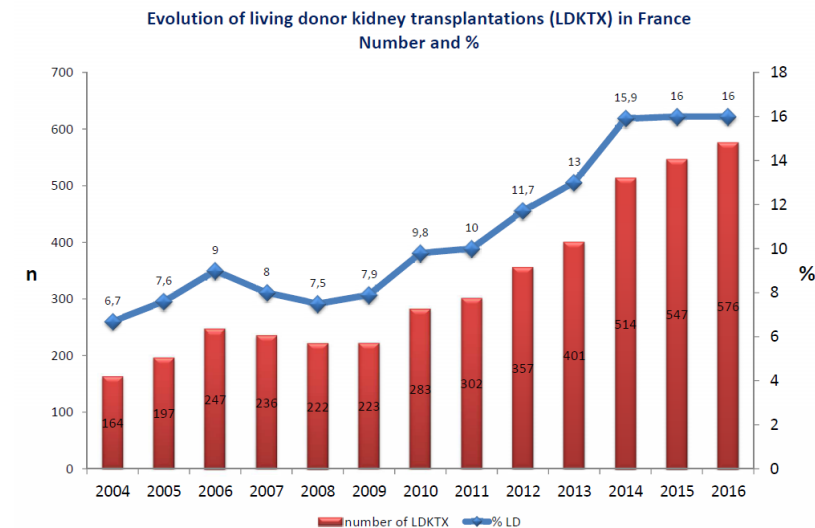
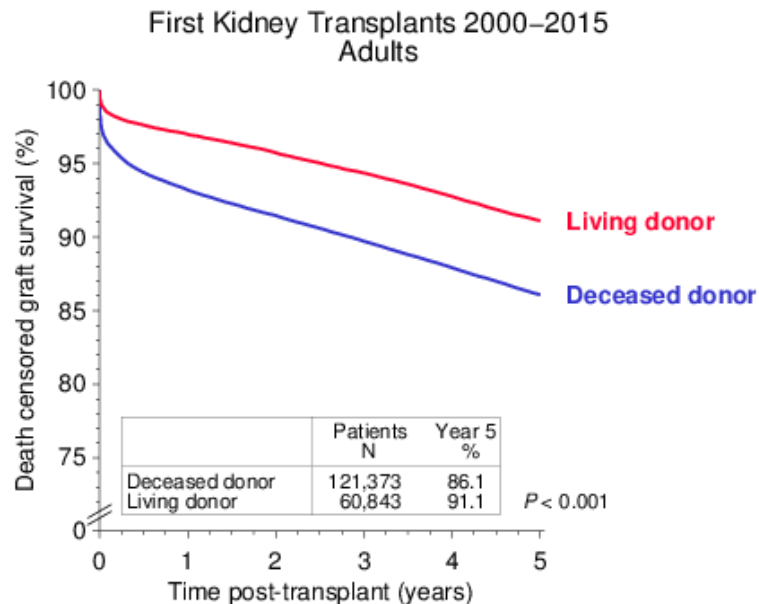
- Greffe depuis des **donneurs décédés**:
 - Offre relativement fixe depuis 10 ans
 - Demande a augmenté: hausse du nombre de patients sur liste d'attente
 - + 65% aux Etats-Unis, + 100% en France (2007-2017)



Source: Agence de la Biomédecine (France)

Don croisé

- Greffe depuis des **donneurs vivants**
 - En moyenne: meilleure qualité
 - A pris de l'ampleur: 40% des greffes de reins dans le monde en 2015...
 - ... mais beaucoup de patients incompatibles avec leurs donneurs: $\approx 40\%$ in Europe



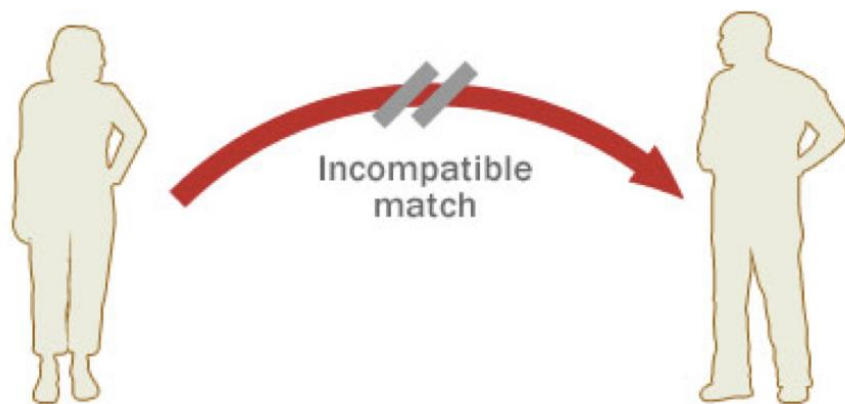
Don croisé

- Greffe depuis des **donneurs vivants**
 - En moyenne: meilleure qualité
 - A pris de l'ampleur: 40% des greffes de reins dans le monde en 2015...
 - ... mais beaucoup de patients incompatibles avec leurs donneurs: $\approx 40\%$ in Europe

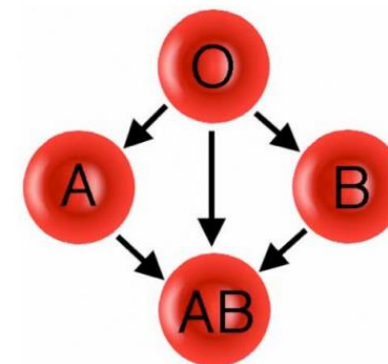


Développement des programmes d'échange
de reins (don croisé)

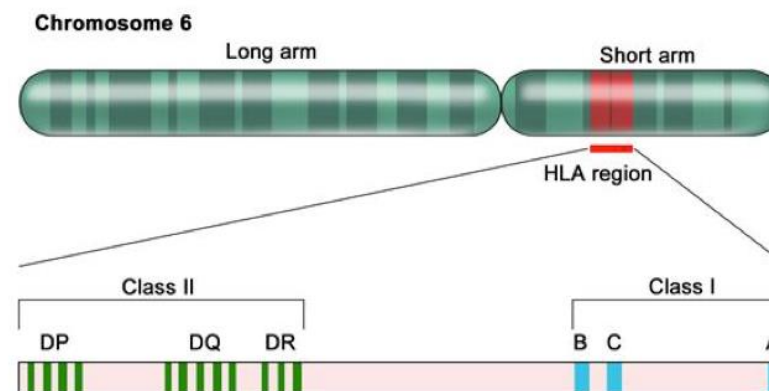
Don croisé



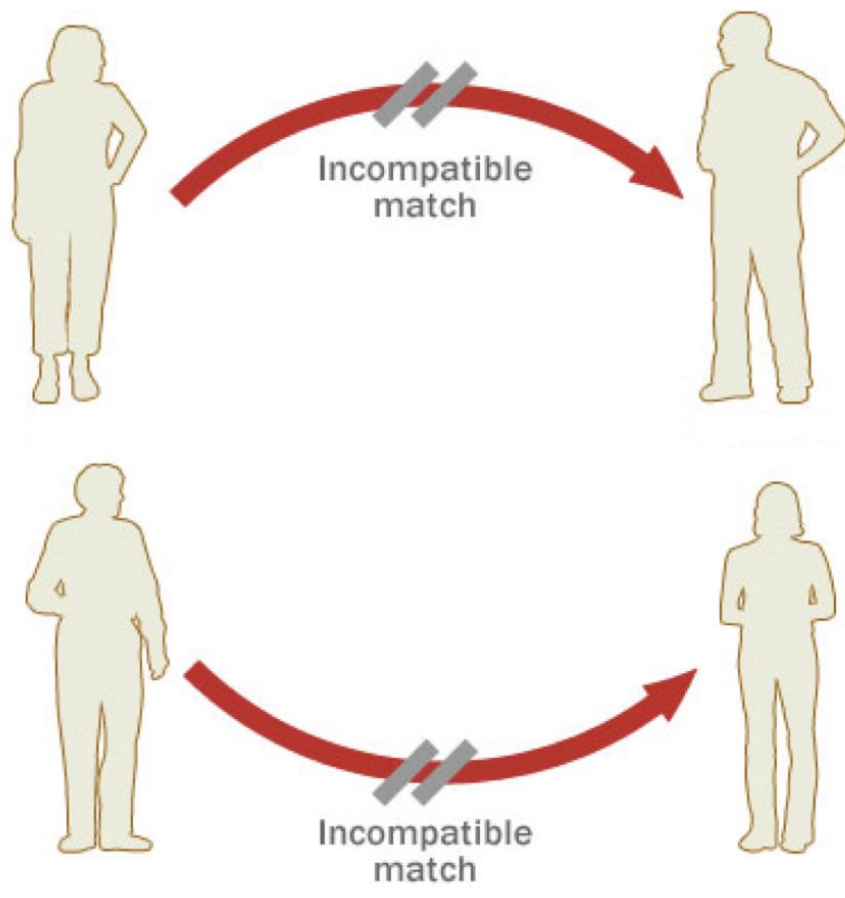
Groupe sanguin:



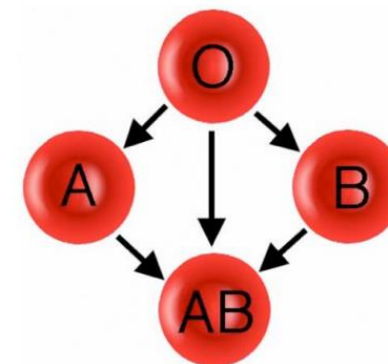
Tissu:



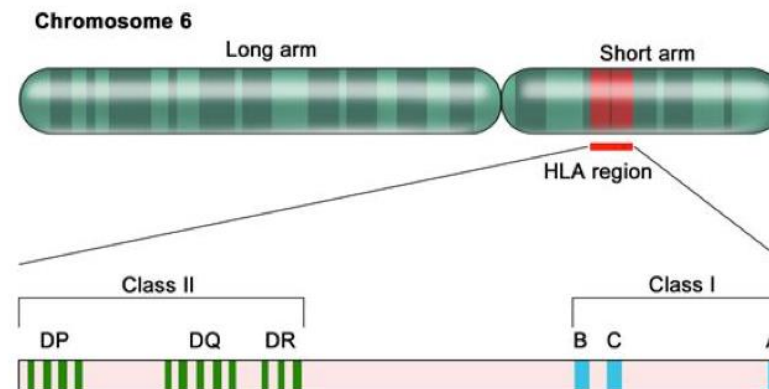
Don croisé



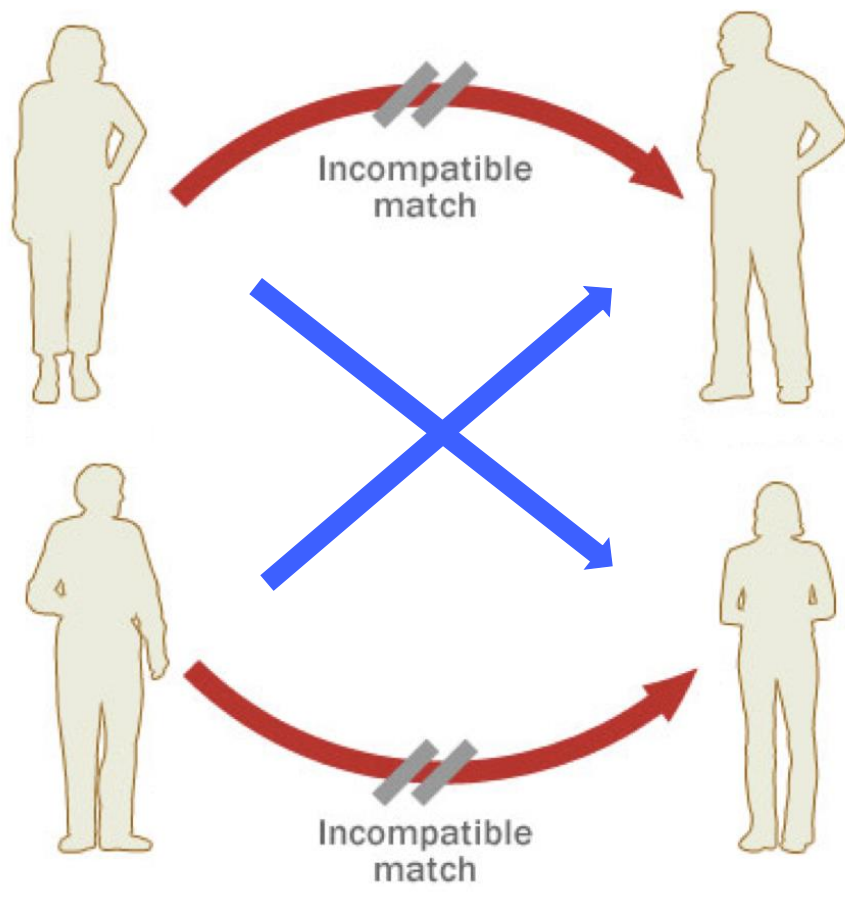
Groupe sanguin:



Tissu:



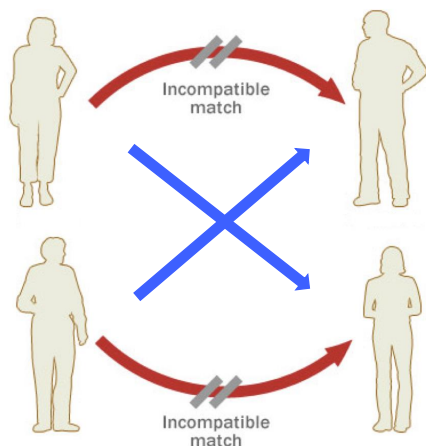
Don croisé



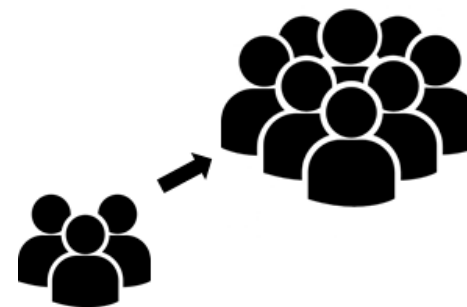
« Double coïncidence des besoins »

Pourquoi ne pas utiliser de la monnaie ?

2 effets d'introduire un « marché du rein » :



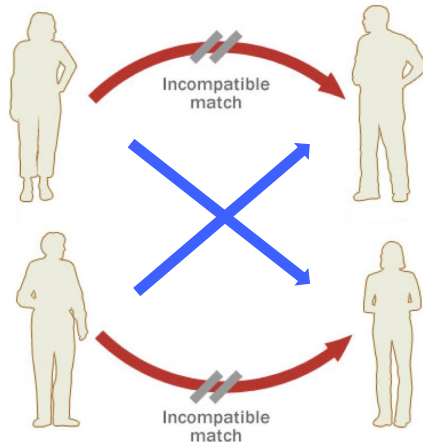
Résoudre la double
coïncidence des besoins



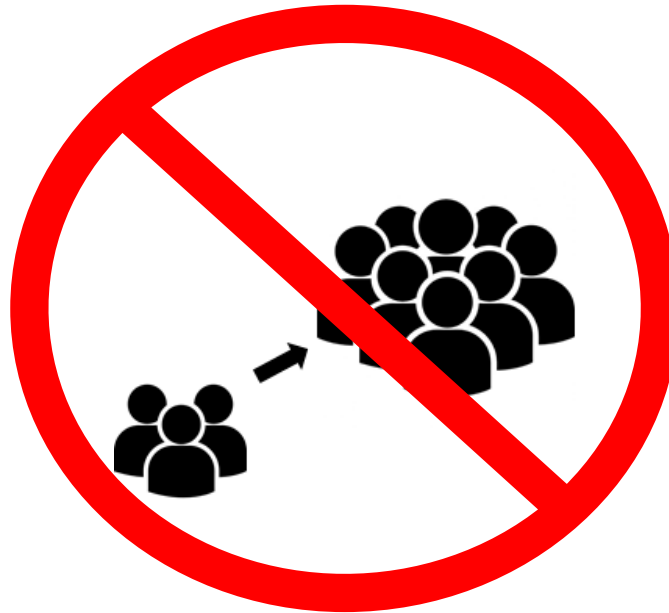
Augmenter l'offre de
donneurs

Pourquoi ne pas utiliser de la monnaie ?

2 effets d'introduire un « marché du rein » :



Résoudre la double
coïncidence des besoins



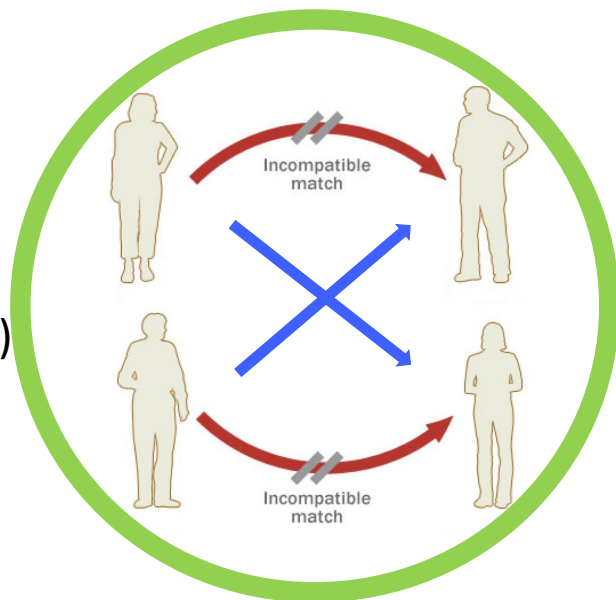
Augmenter l'offre de
donneurs

- Interdit dans la plupart des pays sauf Iran
- « Repugnant transaction » (Roth, 2006)

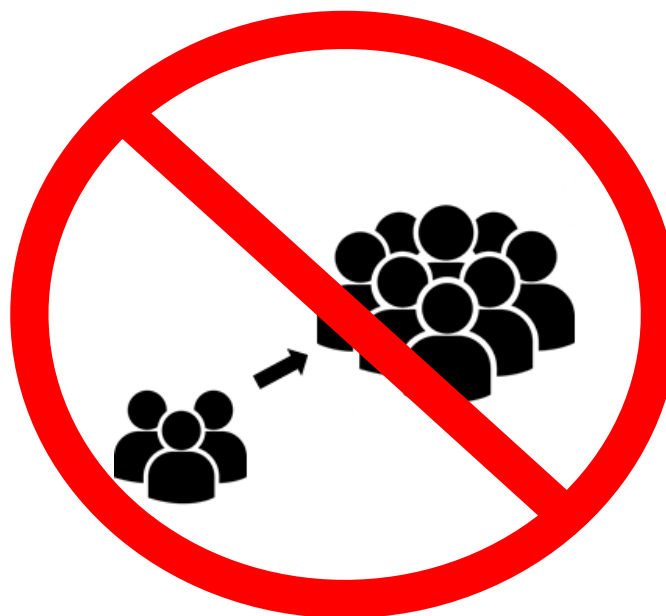
Pourquoi ne pas utiliser de la monnaie ?

2 effets d'introduire un « marché du rein » :

- Peut être résolu sans monnaie
- Mémoire (Kocherlakota, 1998)
- Algorithme « non-croisé » (*Unpaired*)



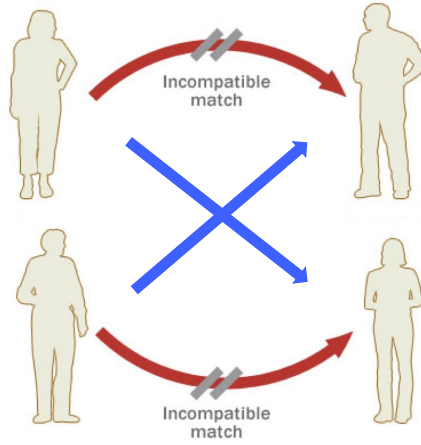
Résoudre la double
coïncidence des besoins



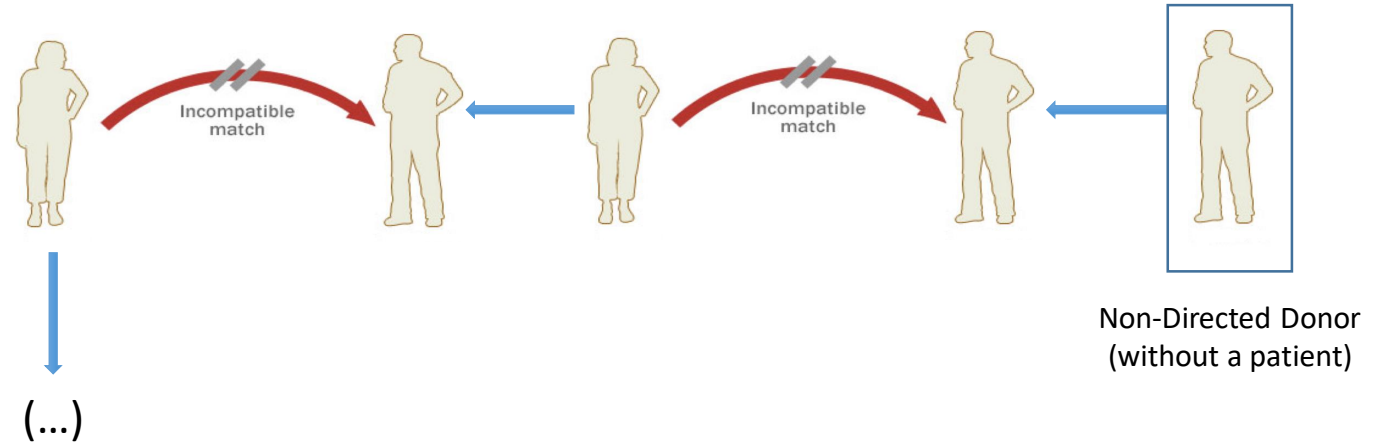
Augmenter l'offre de
donneurs

- Interdit dans la plupart des pays sauf Iran
- « Repugnant transaction » (Roth, 2006)

Technologies d'échanges de reins



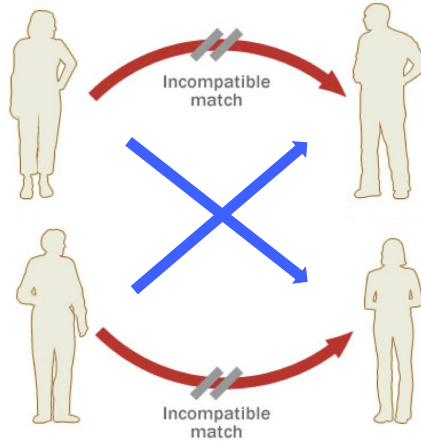
Don croisé



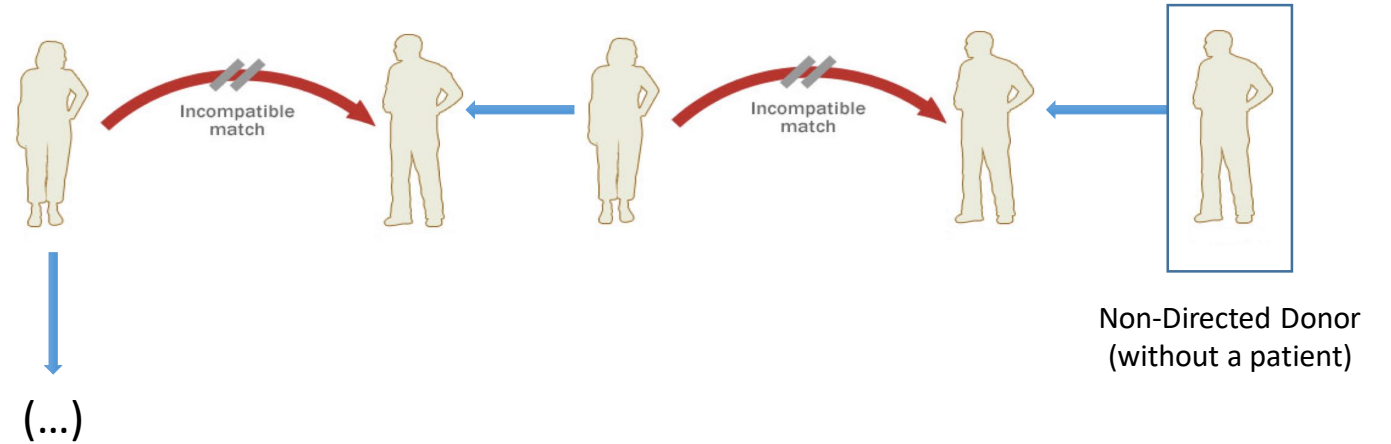
Non-Directed Donor
(without a patient)

Chaines

Technologies d'échanges de reins



Don croisé



Chaines

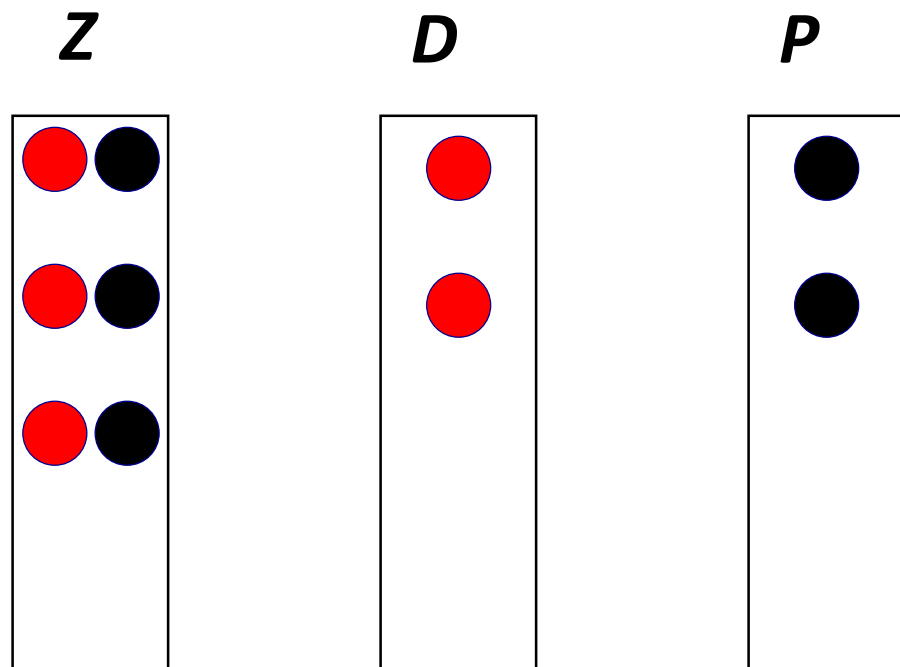
<

Ashlagi et al. (2012, 2019)

Proposition: Don non-croisé

- **Algorithme de don non-croisé:** résoudre la double coincidence des besoins
 - Un donneur peut donner avant que son patient reçoive: Pbm de temps d'attente
 - Un patient peut recevoir avant que son donneur donne: Pbm de refus⇒ **Réalise les greffes dès qu'elles sont possibles**
- **Théorie** (non présenté aujourd'hui)
 - Un modèle dynamique simple: $W (Optimal) \approx W (Non\ croisé) < W (Chaine) < W (Croisé)$
- **Empirique**
 - Contre-factuelles sur données françaises
 - Implémentation pratique: modifier l'algorithme en utilisant des donneurs décédés⇒ Résout les 2 problèmes du temps d'attente et du refus

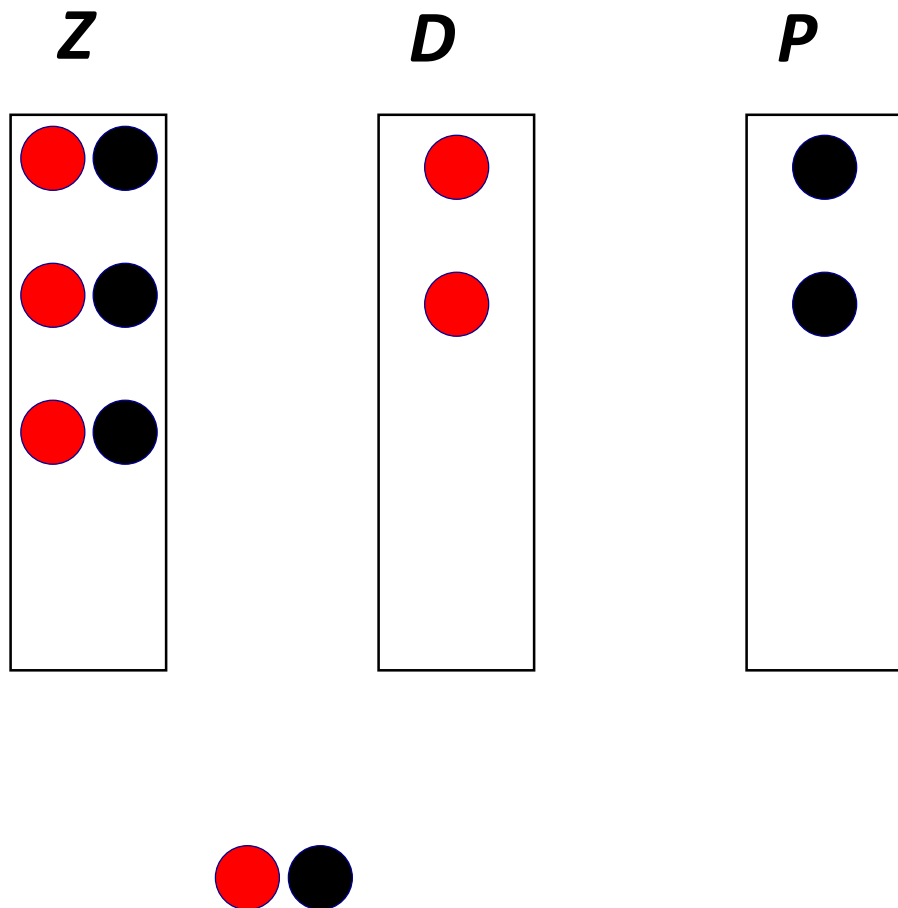
Algorithme de don non-croisé



A chaque date t :

- *Ensemble de donneurs $D(t)$*
- *Ensemble de patients $P(t)$*
- *Ensemble de paires $Z(t)$*

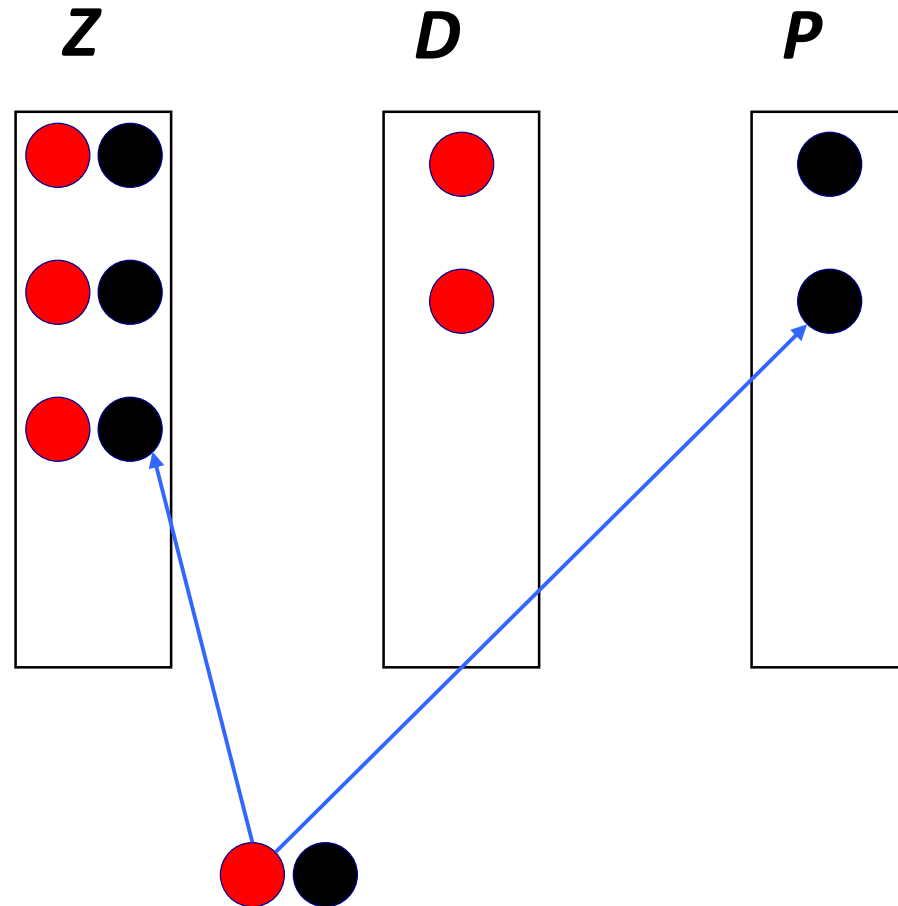
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

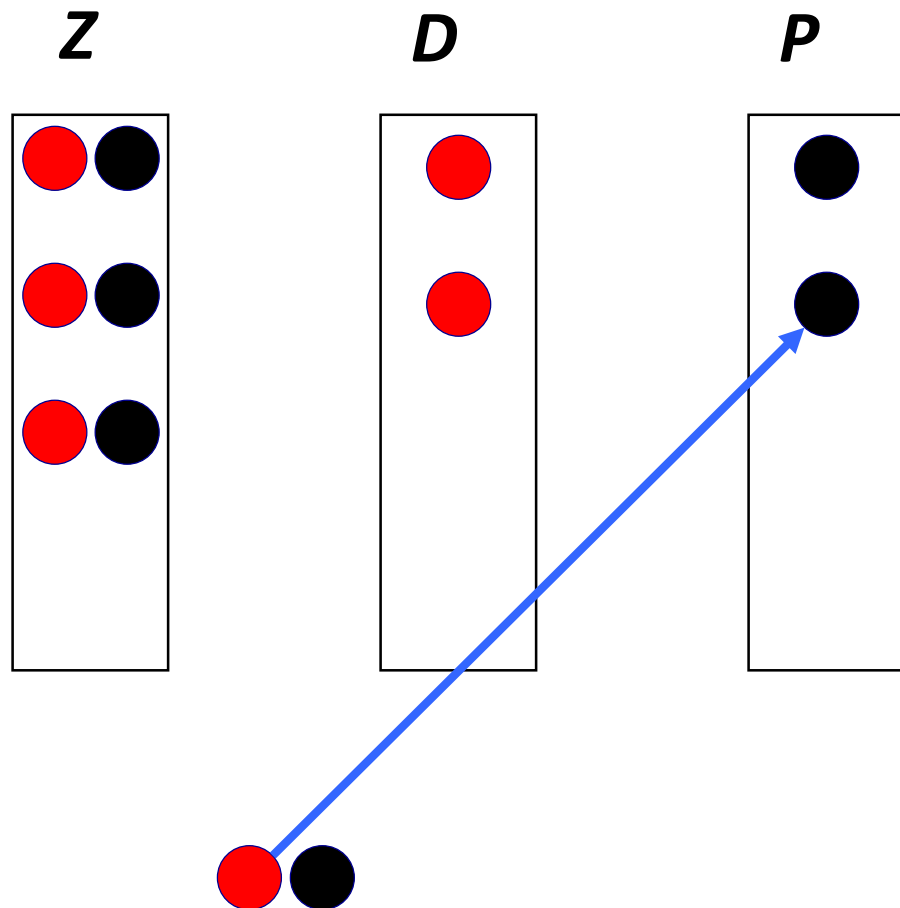
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

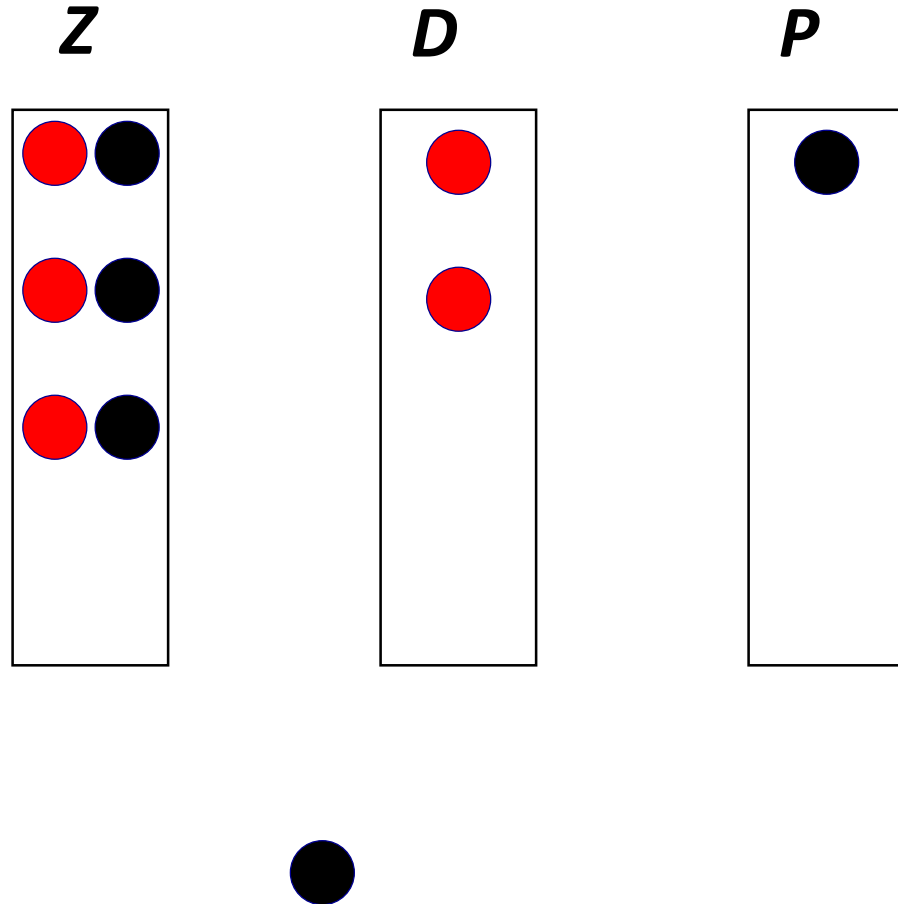
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

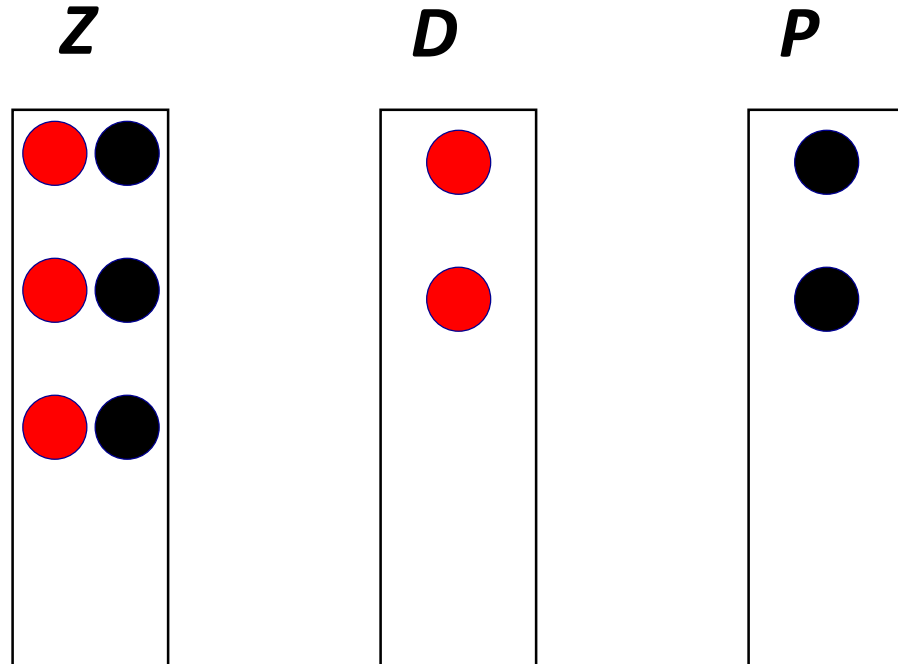
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

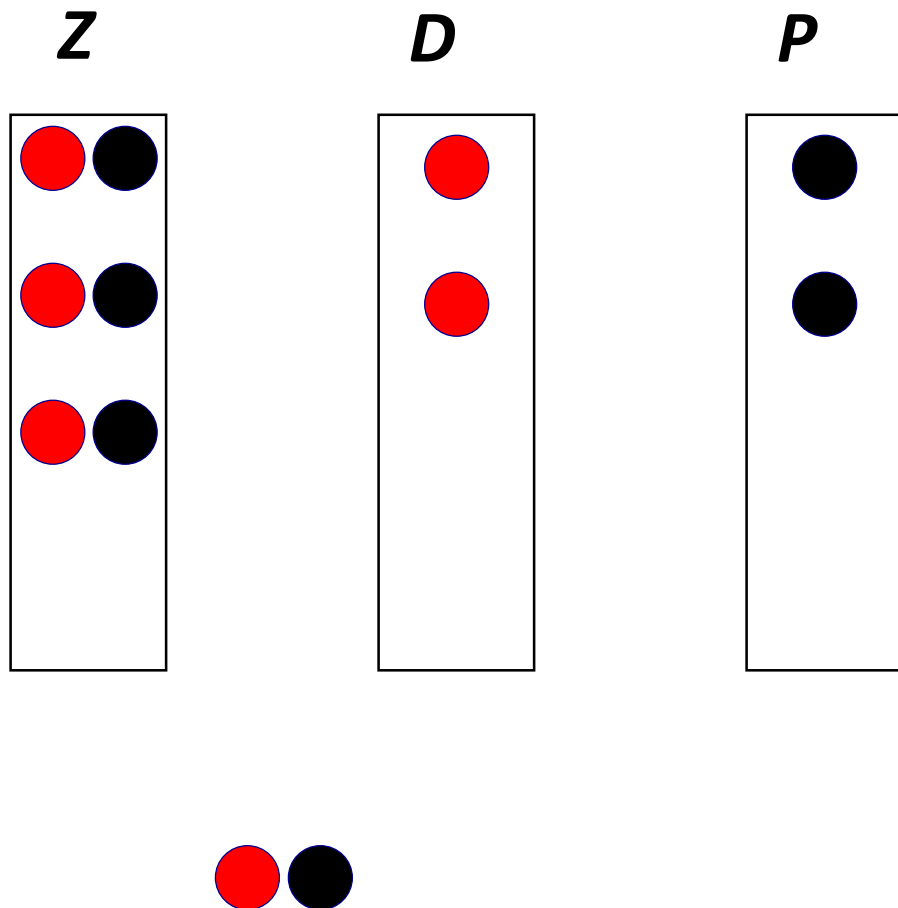
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

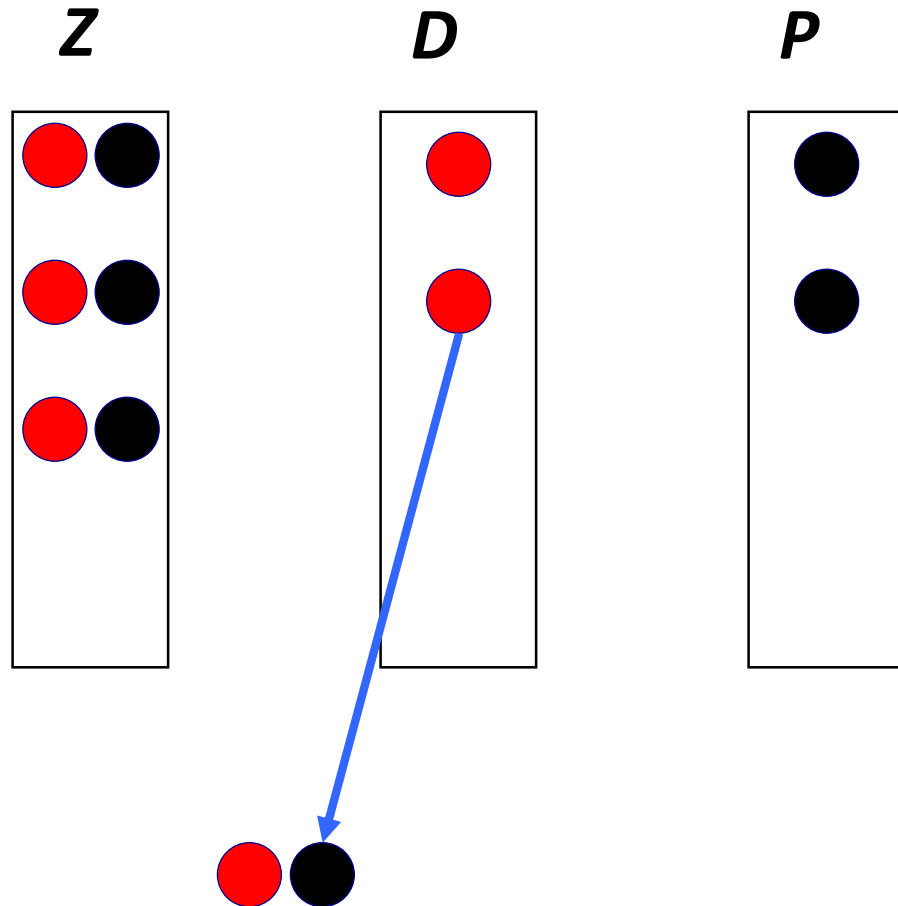
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

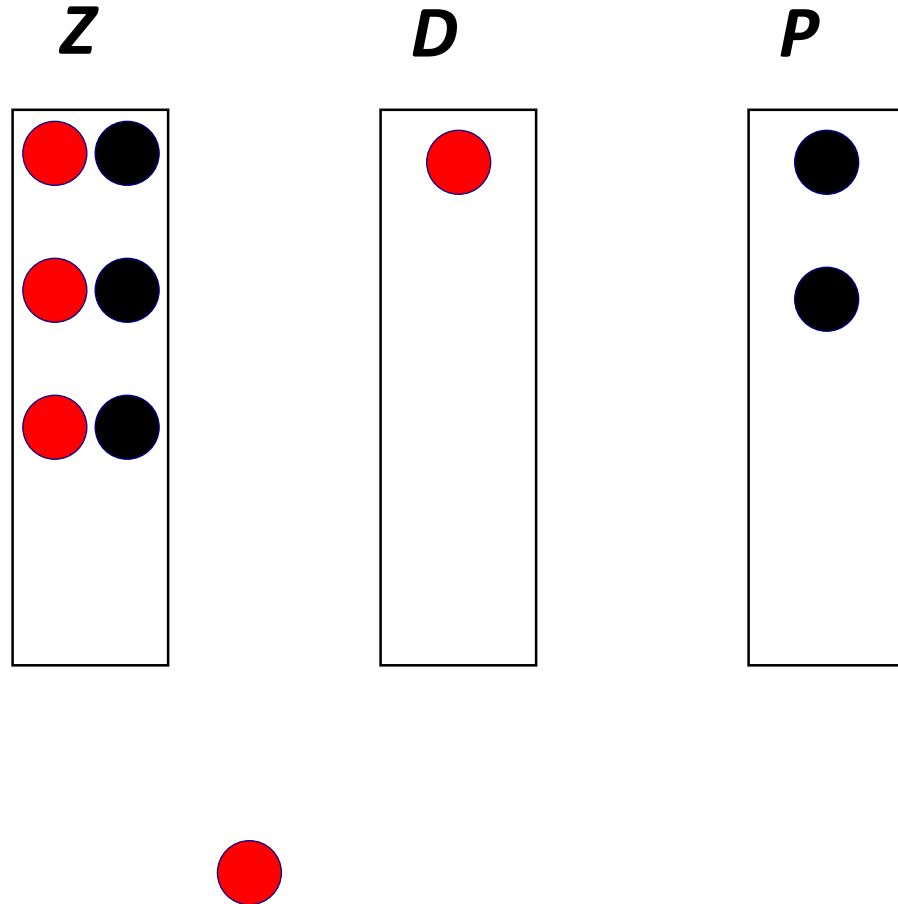
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

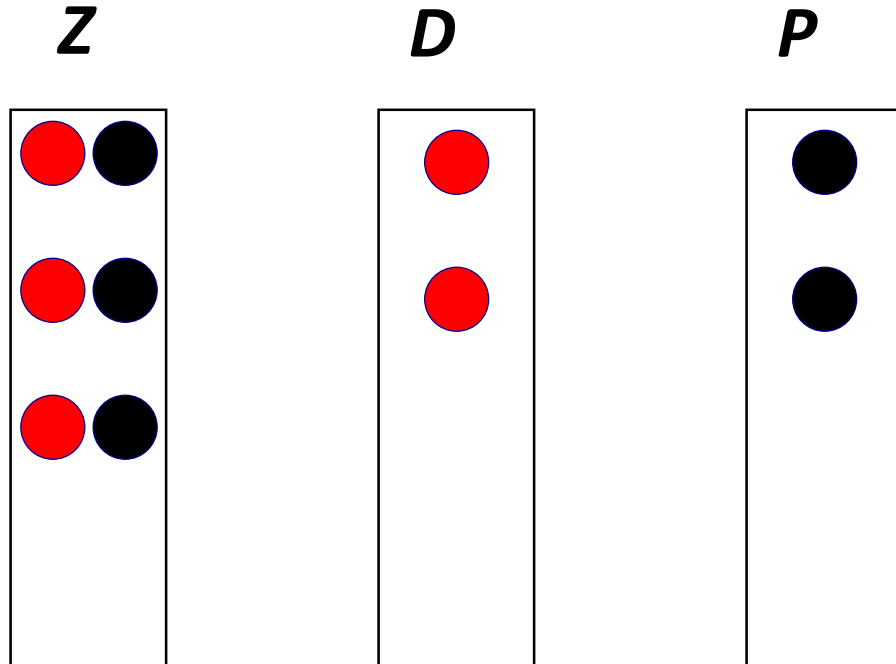
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

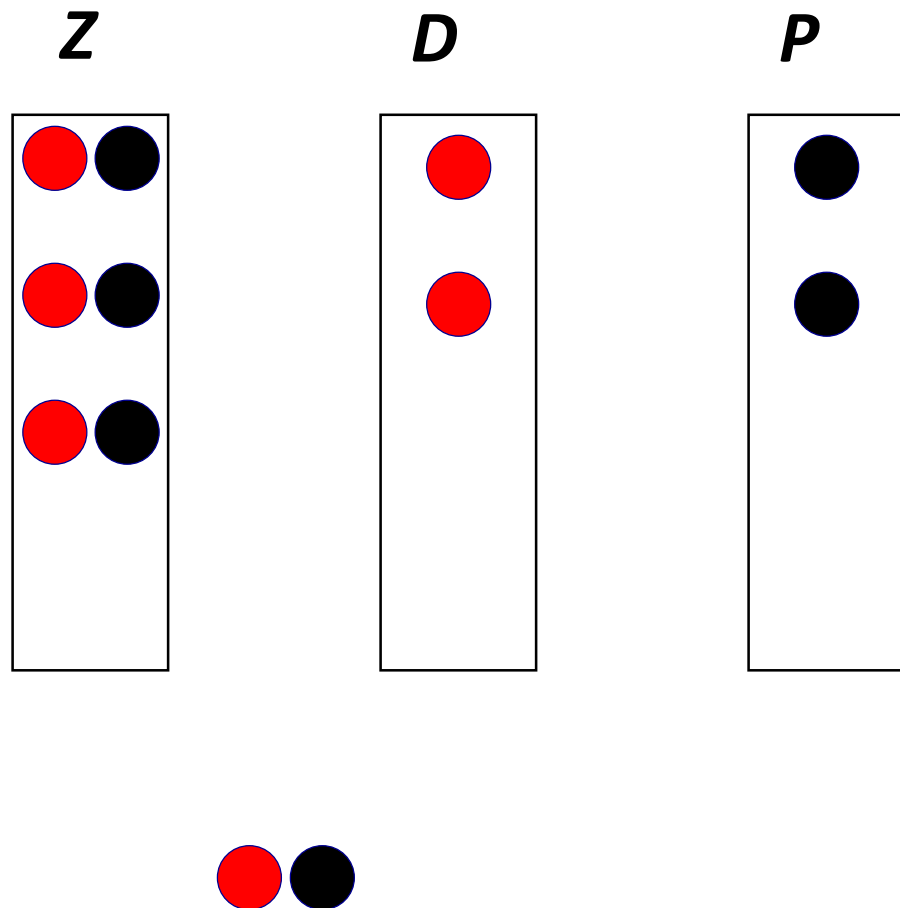
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

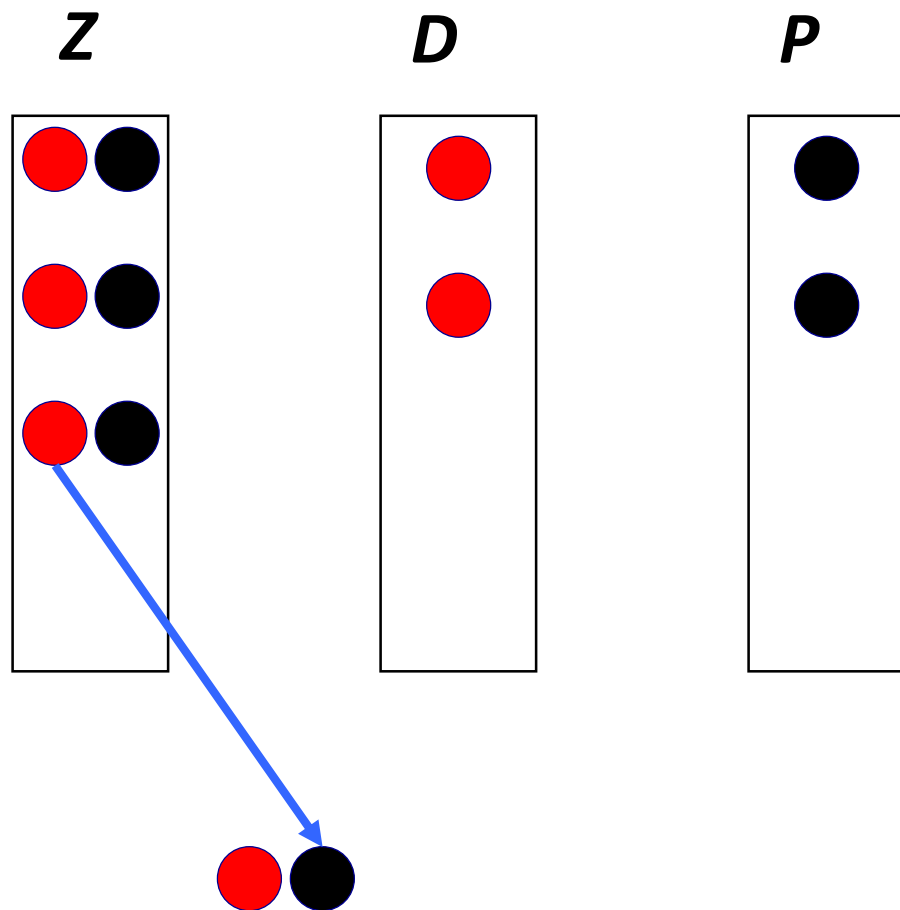
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

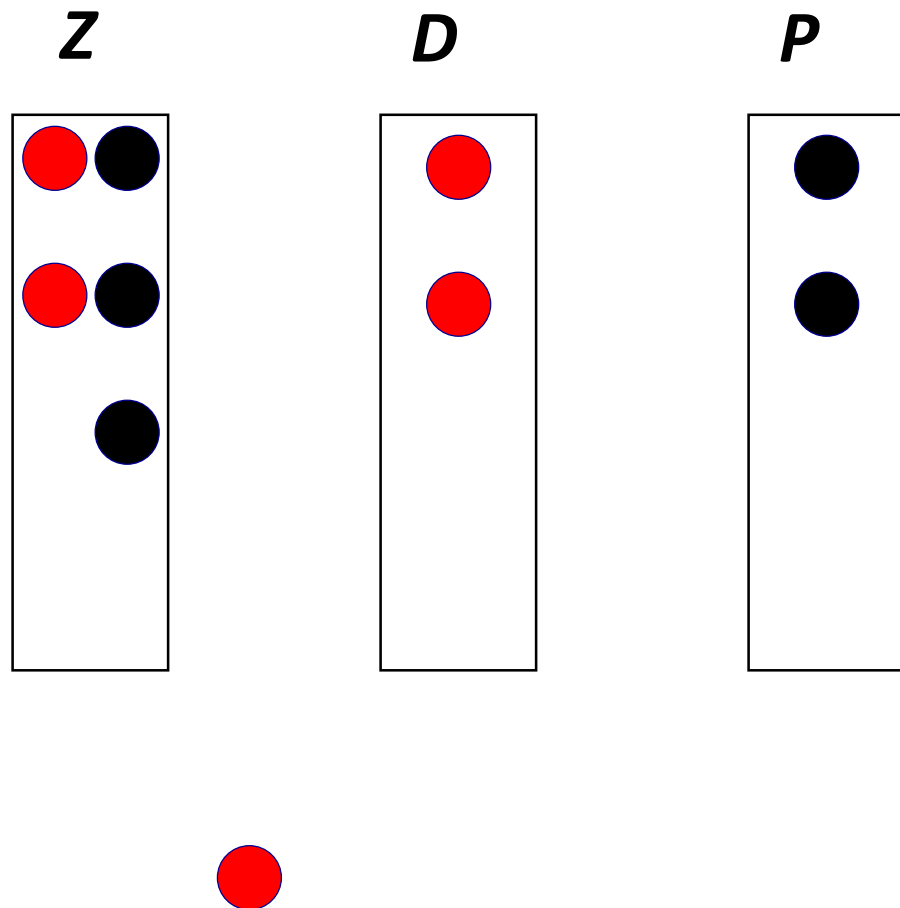
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

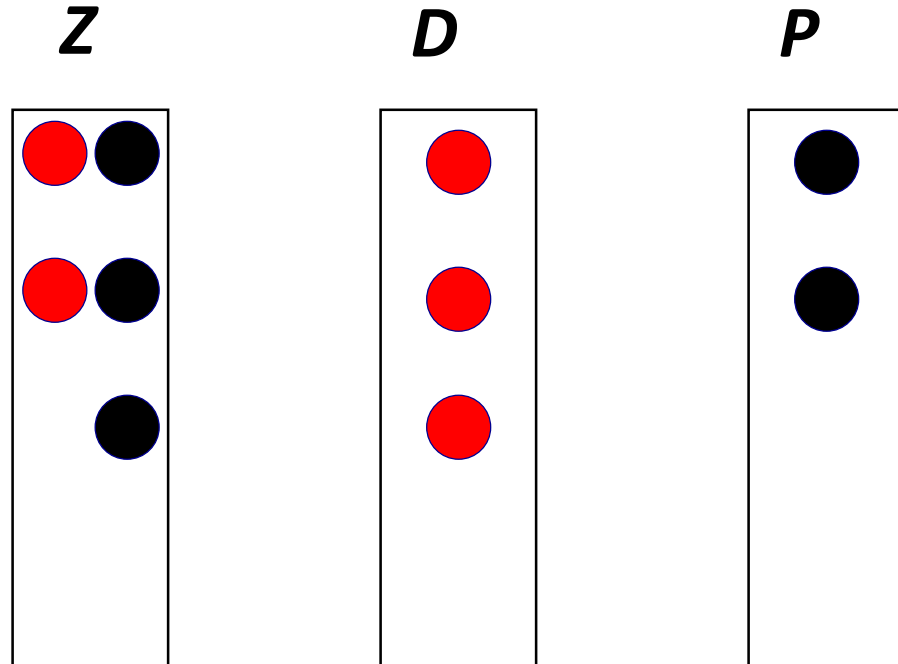
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

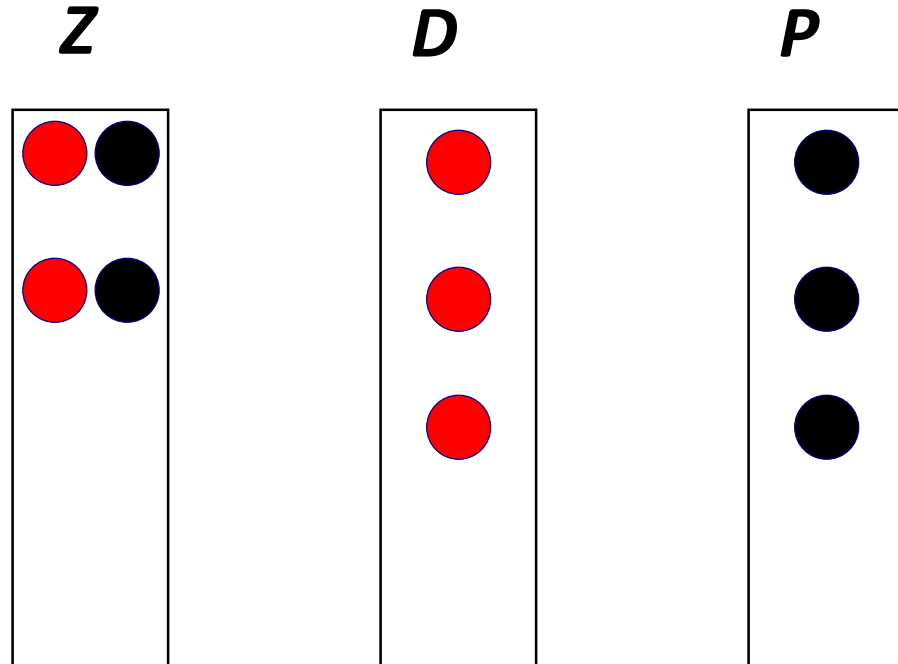
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

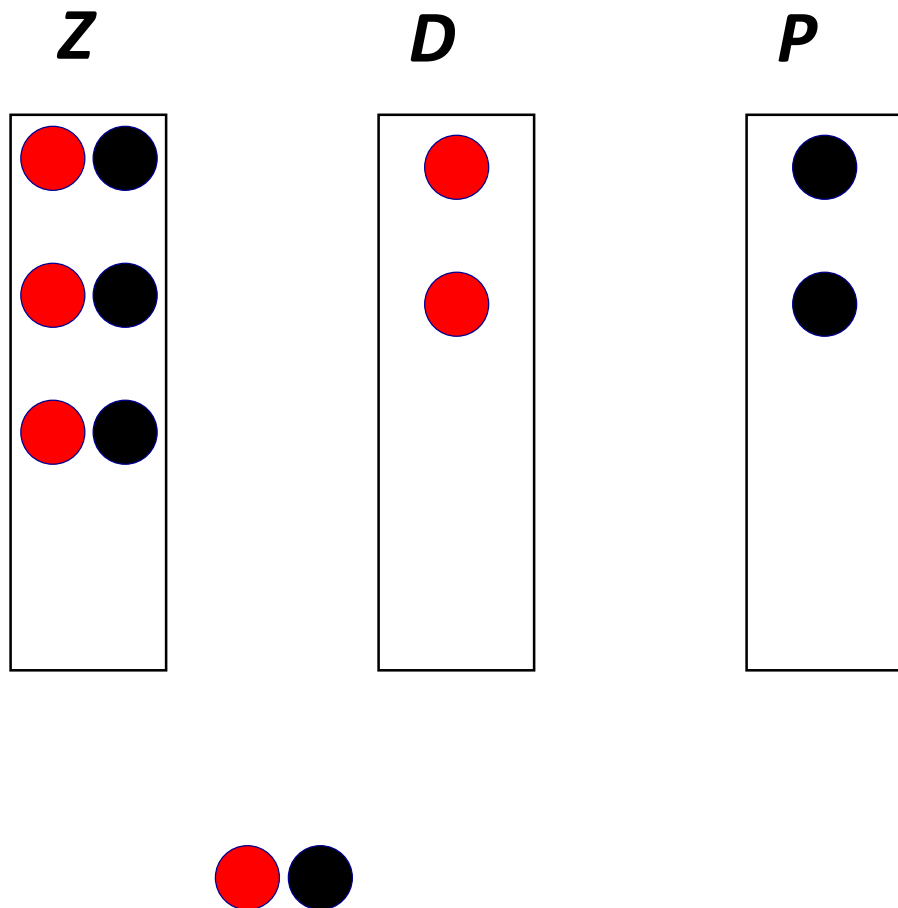
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

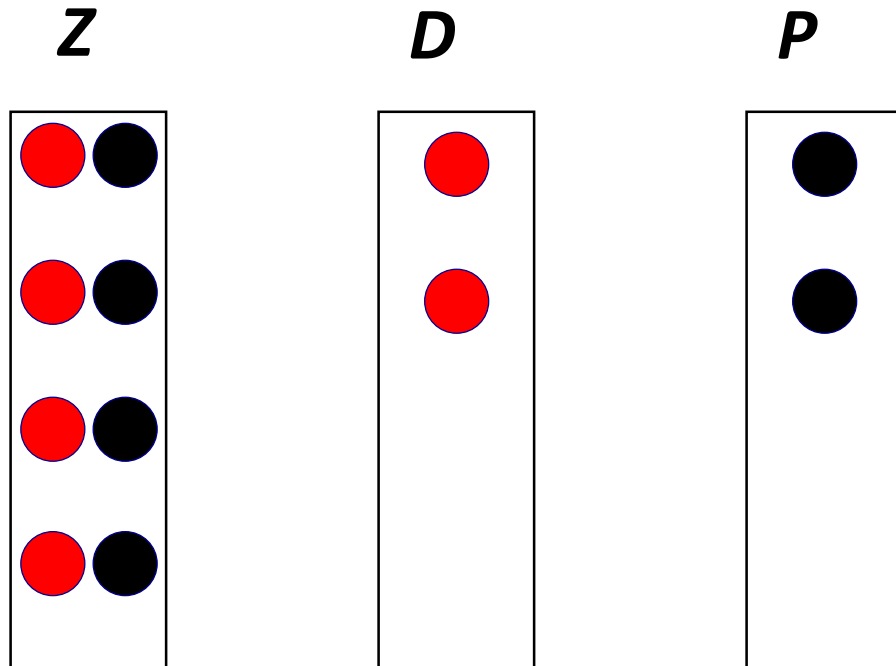
Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

Algorithme de don non-croisé



Quand une paire patient-donneur arrive...

- Check si le patient peut recevoir d'un donneur de **D** ou **Z**
- Check si le donneur peut donner à un patient de **P** ou **Z**
- Si plusieurs match \Rightarrow règle de priorité
 1. Donneur dans **D** préféré à un donneur dans **Z**
 2. Patient dans **P** préféré à un patient dans **Z**
 3. Paire dans **Z** préférée à un patient et donneur de paires différentes dans **Z**
- Si indifférence: règle arbitraire

Empirique

Objectifs des simulations:

1. Tester la prediction des résultats théoriques:
 - ✓ Différence entre don non-croisé et croisé ?
 - ✓ Différence entre don non-croisé et “optimal” ?
2. Résoudre deux problèmes pratiques:
 - ✓ Temps d’attente des patients seuls: ***P***
 - ✓ Temps d’attente des donneurs seuls: ***D***

Objectifs des simulations:

1. Tester la prediction des résultats théoriques:

- ✓ Différence entre don non-croisé et croisé ?
- ✓ Différence entre don non-croisé et “optimal” ?

2. Résoudre deux problèmes pratiques:

- ✓ Temps d'attente des patients seuls: ***P***
- ✓ Temps d'attente des donneurs seuls: ***D***

Analyse contre-factuelle sur
les données du don croisé
Français

Objectifs des simulations:

1. Tester la prediction des résultats théoriques:

- ✓ Différence entre don non-croisé et croisé ?
- ✓ Différence entre don non-croisé et “optimal” ?

Analyse contre-factuelle sur les données du don croisé Français

2. Résoudre deux problèmes pratiques:

- ✓ Temps d’attente des patients seuls: ***P***
- ✓ Temps d’attente des donneurs seuls: ***D***

Résultat: ces deux problèmes peuvent être résolus **avec la bonne modification de l’algorithme**

Programme de don croisé français

- Le programme a commencé en Decembre 2013
- **Uniquement des échanges entre 2 paires** (*pairwise exchanges*)
- Fréquence: **match-run** tous les 3 mois
- Centralisé à l'échelle nationale par l'Agence de la Biomédecine (ABM)

Statistiques descriptives

- De Dec. 2013 à Feb. 2018: 15 match-runs
- 78 paires ont participé au total depuis le début du programme
 - ✓ Taille moyenne du pool: 18 paires par match-run
- Pourcentage de patients greffés: 15% (12 transplantations)
- Méthode alternative: “désensibilisation” 540 greffes incompatibles durant cette période

Les données

- **Programme don croisé français:**
 - ✓ **Matrice de compatibilité** entre les paires ayant participé
 - ✓ Date et composition de chaque match-run

- **Offre de la liste des donneurs décédés (LDD):**
 - ✓ Dates des offres
 - ✓ Matrice de compatibilité avec tous les patients
 - ✓ Information sur la qualité de chaque donneur (KDRI)

Commentaires: Arrivées

- Pas de dates exactes d'arrivée dans les données
 - ✓ Mais on observe quelles paires participent à quel match-run
- Arrivée séquentielle des paires
- Pour chaque paire, on tire une date d'arrivée aléatoire
 - ✓ Consistante avec l'information de la composition des match-runs
 - ✓ Seule source d'aléas

Commentaires: Départs

- Départs tous dus à:
 - ✓ Transplantation depuis un donneur décédé
 - ✓ Désensibilisation
- Pas de morts
 - ✓ Patients dans le programme don croisé en relative bonne santé
- Départs (partiellement) dus à la faible performance du programme
 - ✓ Un algorithme avec un pourcentage de greffes plus élevé aurait moins de départs

Commentaires: Départs

- Nous considérons 2 scénarii:

✓ **Scenario 1:** pas de départs

✓ **Scenario 2:** departs comme dans les données

- Réalité certainement “entre les deux”

Méthode: analyse contrefactuelle

- **Etude rétrospective:** Que ce serait-il passé si on avait utilisé l'algorithme de don non-croisé à partir de Décembre 2013?
- 1000 iterations des dates d'arrivées
- Echanges possibles déterminés par la matrice de compatibilité
- Benchmark:
 - ✓ Pas de départs
 - ✓ Pas de refus des donneurs

Méthode: analyse contrefactuelle

- Pour chaque tirage des dates d'arrivées: test de 5 algorithmes
 1. Don croisé entre 2 paires
 2. Don croisé entre 2 ou 3 paires
 3. Don croisé entre 2 paires + chaine
 4. Don non-croisé
 5. "Omniscient": minimise le temps d'attente sur chaque réalisation

Resultats I: algorithme de don non-croisé



| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de greffes | | | | | |
| % de greffes | | | | | |
| Temps d'attente (jours) | | | | | |

Resultats I: algorithme de don non-croisé



| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de greffes | 22.74 | | | | |
| % de greffes | 29% | | | | |
| Temps d'attente (jours) | 766.03 | | | | |

Resultats I: algorithme de don non-croisé



| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de greffes | 22.74 | 23.2 | 26.7 | | |
| % de greffes | 29% | 30% | 34% | | |
| Temps d'attente (jours) | 766.03 | 731.88 | 725.9 | | |

Resultats I: algorithme de don non-croisé



| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de greffes | 22.74 | 23.2 | 26.7 | 44.5 | |
| % de greffes | 29% | 30% | 34% | 58% | |
| Temps d'attente (jours) | 766.03 | 731.88 | 725.9 | 460 | |

Resultats I: algorithme de don non-croisé

| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de greffes | 22.74 | 23.2 | 26.7 | 44.5 | 45 |
| % de greffes | 29% | 30% | 34% | 57% | 58% |
| Temps d'attente (jours) | 766.03 | 731.88 | 725.9 | 460 | 446 |

Taux de greffe similaire à l'omniscient mais...

Resultats I: algorithme de don non-croisé



| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé | Omniscient |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Nb. de patient dans P | 0 | 0 | 0 | 24.5 | 27.9 |
| Temps dans P (médiane) | 0 | 0 | 0 | 224 | 498 |
| Temps dans P (90 th perc) | 0 | 0 | 0 | 1143 | 1438 |
| Nb. de donneurs dans D | 0 | 3.7 | 0 | 22.3 | 27.5 |
| Temps dans D (médiane) | 0 | 86 | 0 | 351 | 513 |
| Temps dans D (90 th perc) | 0 | 1436 | 0 | 976 | 1415 |

... problemes du temps d'attente dans P et du refus sont réels

Comment réduire le temps d'attente ?

- 1er problème: réduire le temps d'attente des patients dans P

Idée: Utiliser les offres de donneurs décédés

- ✓ Un patient dans P reçoit une priorité sur la liste d'attente des donneurs décédés
- ✓ On filtre les donneurs décédés pour garder ceux de bonne qualité (slide suivant)
- ✓ Les données contiennent l'ensemble des offres de donneurs décédés
- ✓ Nous supposons qu'un patient accepte la première offre faite

Comment réduire le temps d'attente ?

- Les donneurs décédés offrent une moins bonne qualité de greffe
- **Filtrage:** Nous considérons uniquement les donneurs décédés de qualité suffisante pour être acceptés par un patient dans P
 - ✓ Mesure de qualité: Kidney Donor Risk Index (KDRI)
 - Indice de risque d'échec post-opératoire de la greffe
 - ✓ Calcule du KDRI également pour chaque donneur vivant associé à chaque patient
 - ✓ **On propose un donneur décédé uniquement si son risque est moins élevé que le donneur associé au patient**

Comment réduire le temps d'attente ?

- **Problème:**

- ✓ Nous prenons des donneurs de bonne qualité de la liste des donneurs décédés
- ✓ Externalité négative sur les patients attendant sur la liste d'attente

- **Solution:**

- ✓ Pour utiliser un donneur décédé pour un patient dans P, il faut “redonner” immédiatement un donneur vivant dans D

Resultats II: LDD pour les patients dans P

| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| Nb. de greffes | 22.74 | 23.2 | 26.7 | 67.4 (+22) |
| Nb. de greffes de donneurs vivants | 22.74 | 22.2 | 26.7 | 39.5 (-5) |
| Temps d'attente (jours) | 766.03 | 731.88 | 725.9 | 161 (-285) |

Légère baisse des dons de donneurs vivants mais augmentation totale

Resultats II: LDD pour les patients dans P

| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| Nb. de patient dans P | 0 | 0 | 0 | 29.5 |
| Temps dans P (médiane) | 0 | 0 | 0 | 2 (-496) |
| Temps dans P (90 th perc) | 0 | 0 | 0 | 138 (-1300) |
| Nb. De donneurs dans D | 0 | 3.7 | 0 | 31.9 |
| Temps dans D (médiane) | 0 | 86 | 0 | 7 |
| Temps dans D (90 th perc) | 0 | 1436 | 0 | 104 |

... Temps d'attente des patients dans P chute (médiane à 2 jours)

Resultats II: LDD pour les patients dans P

| | Don croisé 2 paires | Don croisé 2 ou 3 paires | Chaine (+ don croisé) | Don non-croisé |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| Nb. de patient dans P | 0 | 0 | 0 | 29.5 |
| Temps dans P (médiane) | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Temps dans P (90 th perc) | 0 | 0 | 0 | 138 |
| Nb. De donneurs dans D | 0 | 3.7 | 0 | 31.9 |
| Temps dans D (médiane) | 0 | 86 | 0 | 7 (-506) |
| Temps dans D (90 th perc) | 0 | 1436 | 0 | 104 (-1311) |

... Temps d'attente des donneurs dans D chute (médiane at 7 jours)

Concernant le refus des donneurs dans D

- Les résultats sont les mêmes si on simule une proba de refus de 0.17% par jour
- Possible modification de l'algorithme pour éviter les refus:

Idée: Donneur donne dès que son patient reçoit

- ✓ Donne son rein à un patient sur la liste d'attente des donneurs décédés
- ✓ Autorise d'utiliser un rein de donneur décédé dans le futur

⇒ **Résultats similaires mais sans avoir de donneurs seuls dans D**

Conclusion

- Robustesse:
 - ✓ Départs
 - ✓ Refus des donneurs dans D
 - ✓ Chaines multiples
 - ✓ Pools plus grands

Conclusion

- **Théorie:** $W(\text{Optimal}) \approx W(\text{Non-croisé}) < W(\text{Chaine}) < W(\text{Croisé})$
- **Empirique:**
 - ✓ Résultats théoriques confirmés
 - ✓ La version pratique de l'algorithme de don non-croisé permet de résoudre le problème du temps d'attente et du refus des donneurs...
 - ✓ ... tout en greffant plus de 80% des patients à un donneur vivant ou un donneur décédé de bonne qualité.

Loi de la bioéthique: article 53

- Travail avec ABM pour modifier le programme don croisé
 - ✓ Relacher la simultanéité imposée par le don croisé
- Travaux de simulations:

(Note IPP n°41) Perspectives sur le programme de dons croisés de reins en France

- Inclus dans l'article 53 du projet de loi de la bioéthique
 - ✓ Autorise l'utilisation de donneurs décédés (\approx patients dans P)
 - ✓ Relacher la simultanéité mais contrainte de 24h
 - ✓ Détails par décret

Réforme: pistes possibles

- Identifier les patients qui accepteraient que leur donneur donne immédiatement (= entrer dans P)
- Ces patients obtiennent une priorité élevée sur la LDD (à définir probablement juste en dessous “super urgences”)
- Autoriser don croisé 2 à 4 paires + chaines partant du donneur dont le patient accepte de rentrer dans P
⇒ Maximiser le nombre de greffes

Réforme: pistes possibles

- Si une chaîne/cycle commence: toutes les opérations en 24h
- Le donneur en fin de chaîne devrait redonner à la LDD (possible ?)

Réforme: lien avec l'algorithme "non-croisé"

Points communs:

- Donneurs peuvent donner avant que leur patient reçoive
- Patients peuvent recevoir avant que leur donneur ne donne
(= P et D non vides)
- Utiliser la LDD pour minimiser l'attente des patients dans P

Réforme: lien avec l'algorithme “non-croisé”

Différences:

- Possible périodicité (ex: tous les mois)
- Donneur dans D ne peut rester que 24h
- Un patient dans P ne peut recevoir que de la LDD et non d'un donneur vivant dans le futur