

# Les algorithmes de tri



# Les algorithmes de tri

## 1. Ranger, classer, trier? Un peu de vocabulaire

**Dans le langage courant :**

- **ranger**, c'est ordonner des objets selon un ordre croissant ou décroissant.
- **classer**, c'est regrouper des objets suivant une caractéristique commune.
- **trier**, c'est répartir des objets selon un critère donné. Celui qui répond au critère est conservé, celui qui n'y répond pas est écarté.

Mais certains mots peuvent avoir des sens différents selon les domaines dans lesquels ils s'appliquent, la notion de tri en est une illustration. En effet, en algorithmique, le terme de « tri » est rattaché au processus de rangement d'un ensemble d'éléments dans un ordre donné. Par exemple, trier des nombres dans l'ordre croissant ou des noms dans l'ordre alphabétique.

## 2. L'importance du tri

Les algorithmes de tri sont très utilisés dans notre quotidien, disposer de données triées est une condition indispensable pour faire des recherches.

Un ordinateur est bien plus efficace pour ranger, trier, classer, de gros volumes de données qui sont des opérations fastidieuses pour un être humain, voire impossibles. Les besoins en tri sont considérables tant les quantités de données explosent dans notre monde devenu numérique, encore plus dans les années à venir avec l'interconnexion des objets numériques.

### La Machine de Hollerith

Dans les années 1890, le gouvernement américain avait des difficultés pour recenser sa population. Le comptage manuel des résultats était si fastidieux que le recensement de 1880 avait pris sept ans pour être compilé. Pour le recensement de 1890, la population ayant encore augmenté, le gouvernement craignait qu'il ne soit même pas encore fini en 1900, donc impossibilité de répartir les sièges au Congrès, comme l'exigeait la Constitution.

Il faut alors lancer un concours pour accélérer le processus. C'est ainsi que le dépouillement des recensements aux USA fut une des premières tâches automatisées par une machine.

Répondant au concours, un employé du service de recensement, également ingénieur, Herman Hollerith, imagina une machine à statistiques, alliant la technologie des cartes perforées déjà beaucoup utilisée pour les métiers à tisser et l'électricité, pour automatiser une partie du recensement en triant automatiquement les cartes perforées. Grâce à cette machine, le recensement 1890 fut traité en *seulement* 3 ans.

En 1896, Hollerith quitta l'administration et fonda en 1896 la Tabulating Machine Co., qui deviendra plus tard, en 1917, l'International Business Machines Corporation, autrement dit IBM.



Photo (extrait) de Anton Chiang (CC)

## 3. La variété des algorithmes de tri

Intuitivement, s'il lui est donné un ensemble à trier, chaque personne met en place des stratégies de tri différentes selon le nombre d'éléments de l'ensemble, par exemple un jeu de 52 cartes à ranger dans l'ordre croissant de leurs valeurs ou 200 élèves à ranger dans l'ordre alphabétique. Tri par sélection, tri par propagation, tri par insertion, tri rapide, tri par fusion... ces différentes méthodes ont chacune leurs particularités et leur niveau de performance (la complexité de l'algorithme).

### 3.1. Le tri stupide (bogosort)

Le tri stupide, également bogo-tri ou bogosort, est un algorithme de tri particulièrement inefficace. Il est présenté pour des raisons pédagogiques, par comparaison aux méthodes de tri traditionnelles, ou comme exercice.

Il consiste à vérifier si les éléments sont ordonnés, et s'ils ne le sont pas, à les mélanger aléatoirement, puis à recommencer. Plus il y a d'éléments à trier, plus la probabilité de les trier dans un temps raisonnable est faible.

**Un algorithme possible:**

tri\_stupide (liste)

tant que la liste n'est pas triée

    mélanger aléatoirement les éléments de la liste

## BOGO SÖRT

idea-instructions.com/bogo-sort/  
v1.2, CC by-nc-sa 4.0 **IDEA**

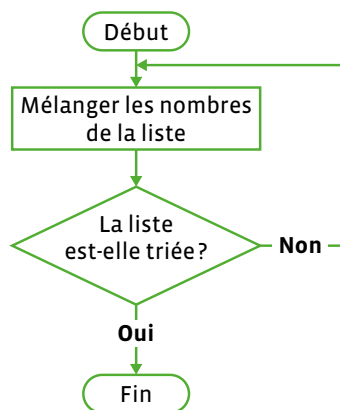
**1** Mélanger les éléments de la liste.

**2** Diviser la liste en plusieurs parties.

**3** Mélanger les parties.

**4** Vérifier si la liste est triée. Si non, recommencer à l'étape 1.

**5** La liste est triée.



Le tri stupide est de type «Las Vegas». Les exécutions d'un algorithme de Las Vegas donnent toujours un résultat correct; c'est le temps d'exécution qui est aléatoire.

Ce tri est parfois appelé «tri au hasard» pour des raisons pédagogiques.

### 3.2. Le tri par insertion (insertion sort)

C'est un tri pratiqué intuitivement pour classer une donne de cartes à jouer: il consiste à prendre chaque carte de la donne et à l'insérer au bon endroit dans les cartes déjà triées.

Pour trier une liste de nombres par insertion, on peut utiliser deux organisations différentes, avec 2 listes ou avec une seule:

- avec 2 listes, celle des nombres à trier et la liste triée: le premier nombre de la liste est placé dans la liste triée, puis chaque nombre suivant de la liste est inséré au bon endroit de la liste triée.
- avec la seule liste des nombres à trier: on considère que le premier nombre de la liste est à sa place, on prend chaque prochain nombre de la liste et on l'insère au bon endroit par rapport aux nombres déjà triés.

#### Un algorithme possible:

tri\_insertion (liste)

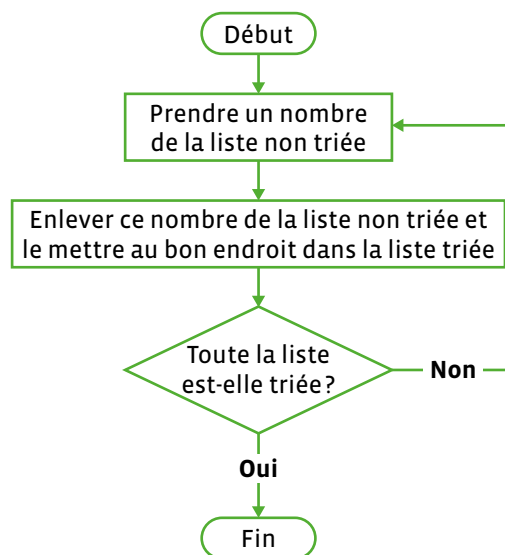
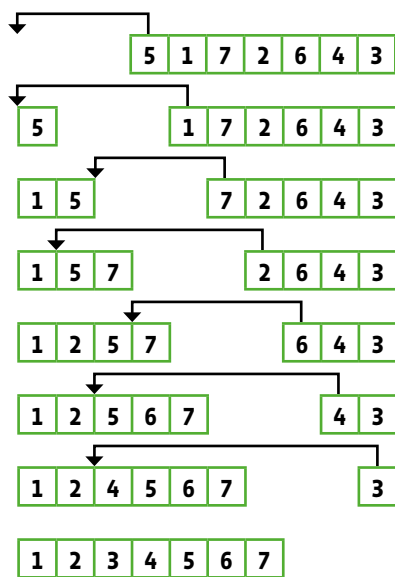
    placer le premier nombre de la liste dans la liste triée

    tant que la liste n'est pas triée {

        prendre un autre nombre de la liste

        placer ce nombre au bon endroit de la liste triée

Un exemple avec deux listes: la liste à trier à droite et la liste triée à gauche



#### Un exemple avec une seule liste:

12 5 3 16 9           début (liste non triée)

12 5 3 16 9

5 12 3 16 9

3 5 12 16 9

3 5 9 12 16           fin (liste triée)

Le tri par insertion fait partie des algorithmes de tri les plus simples à comprendre et à utiliser. Et comme souvent, sa simplicité vient avec le prix d'une mauvaise performance sur de larges séquences de données. Assez lent avec beaucoup de données, mais efficace avec peu de données.

### 3.3. Le tri par sélection (selection sort)

C'est un tri souvent utilisé naturellement pour trier des cartes à jouer: les cartes sont sélectionnées les unes après les autres dans un ordre croissant (ou décroissant) et placées à droite des cartes déjà triées. On prend la plus petite valeur dans la liste à trier et on la place en premier. Puis on prend la nouvelle plus petite valeur de la liste et on la place à la suite de l'autre, etc...

Pour trier une liste de nombres par sélection, on peut utiliser deux organisations différentes, avec deux listes ou avec une seule:

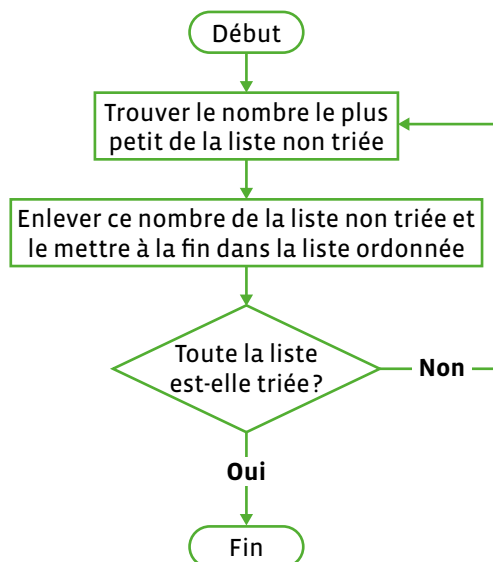
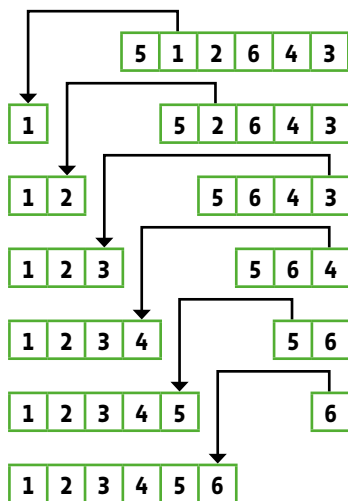
- avec deux listes, celle des nombres à trier et la liste triée: le plus petit nombre de la liste est placé à gauche de la liste triée, puis le plus petit nombre restant de la liste non triée est sélectionné puis placé au bon endroit de la liste triée.
- avec une seule liste des nombres à trier: on échange le premier nombre de la liste avec le plus petit nombre de la liste, on sélectionne pour chaque nombre le plus petit restant de la liste non triée et on le place au bon endroit par rapport aux nombres déjà triés.

**Un algorithme possible:**

```

tri_selection (liste) {
    placer le plus petit nombre de la liste dans la liste triée
    tant que la liste n'est pas triée {
        sélectionner le plus petit nombre restant de la liste non triée
        placer ce nombre au bon endroit de la liste triée
    }
}
    
```

Un exemple avec deux listes: la liste à trier à droite et la liste triée à gauche



**Un exemple avec une seule liste:**

- |             |  |
|-------------|--|
| 12 5 3 16 9 | début (liste non triée)  |
| 3 5 12 16 9 | on prend le plus petit et on le place à gauche                                 |
| 3 5 12 16 9 | on prend le plus petit des nombres restants et on le place où il faut à gauche |
| 3 5 9 16 12 | on prend le plus petit des nombres restants et on le place où il faut à gauche |
| 3 5 9 12 16 | on prend le plus petit des nombres restants et on le place où il faut à gauche |
| 3 5 9 12 16 | fin (liste triée)  |

C'est souvent le plus rapide et le plus utilisé pour trier des entrées de petite taille. Il est également efficace pour des entrées déjà presque triées.

### 3.4. Le tri à bulles (bubble sort)

Le tri à bulles, appelé aussi tri par propagation, consiste à faire remonter progressivement les plus grands éléments d'une liste, comme les bulles d'air remontent à la surface d'un liquide. Le principe du tri à bulles est de parcourir une liste de nombres en échangeant lors du parcours deux éléments l'un à côté de l'autre s'ils sont rangés dans le mauvais ordre et de répéter ce processus jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'échanges lors d'un parcours. La liste est alors triée.

#### Un algorithme simplifié:

tri\_bulles (liste)

tant que la liste n'est pas triée

    comparer 2 nombres consécutifs de la liste

    si le premier est plus grand que le second alors les permuter.

#### Un exemple:

	La liste à trier	
12 5 3 16 9		
12 5 3 16 9	12 > 5 donc on échange les deux nombres	5 12 3 16 9
5 12 3 16 9	12 > 3 donc on échange les deux nombres	5 3 12 16 9
5 12 3 16 9	12 < 16 donc on n'échange pas les deux nombres	5 3 12 16 9
5 12 3 16 9	16 > 9 donc on échange les deux nombres	5 3 12 9 16
5 3 12 9 16	<b>La liste n'est pas triée, alors on refait un tour...</b> 5 > 3 donc on échange les deux nombres	3 5 12 9 16
3 5 12 9 16	5 < 12 donc on n'échange pas les deux nombres	3 5 12 9 16
3 5 12 9 16	12 > 9 donc on échange les deux nombres	3 5 9 12 16
3 5 9 12 16	12 < 16 donc on n'échange pas les deux nombres	3 5 9 12 16
<b>3 5 9 12 16</b>	On ne peut plus faire d'échange, <b>la liste est triée</b>	

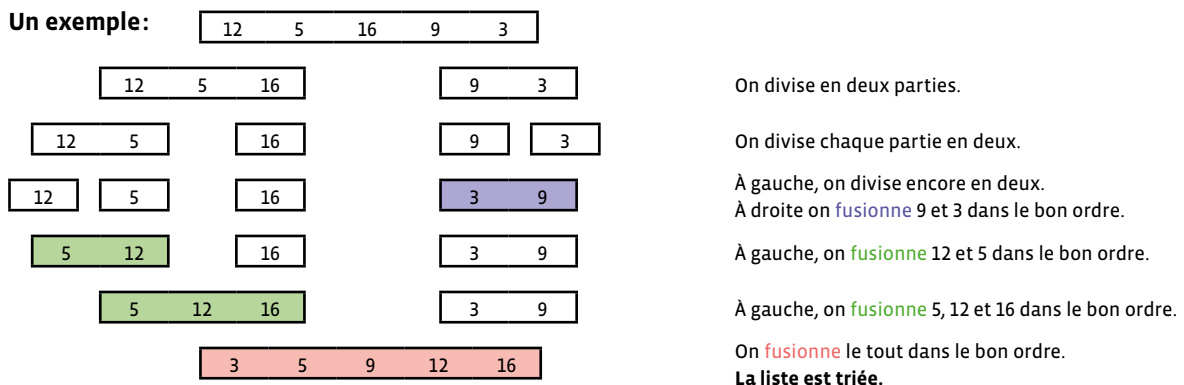
Ce tri est simple mais peu performant et il n'est donc quasiment pas utilisé en pratique. Son intérêt est principalement pédagogique. C'est une variante du tri par sélection.

### 3.5. Le tri fusion (merge sort)

Ce tri repose sur le principe « diviser pour régner ». Pour une liste de nombres, on la divise en sous-listes, on trie chacune d'elles, et on poursuit jusqu'à ce que toute la liste soit triée. A chaque étape, on fusionne les parties triées pour à la fin faire une dernière fusion et obtenir la liste triée. Autrement dit: on divise jusqu'à temps de ne plus pouvoir diviser parce qu'on a des nombres seuls, alors on fusionne en rangeant dans le bon ordre les morceaux petit à petit.

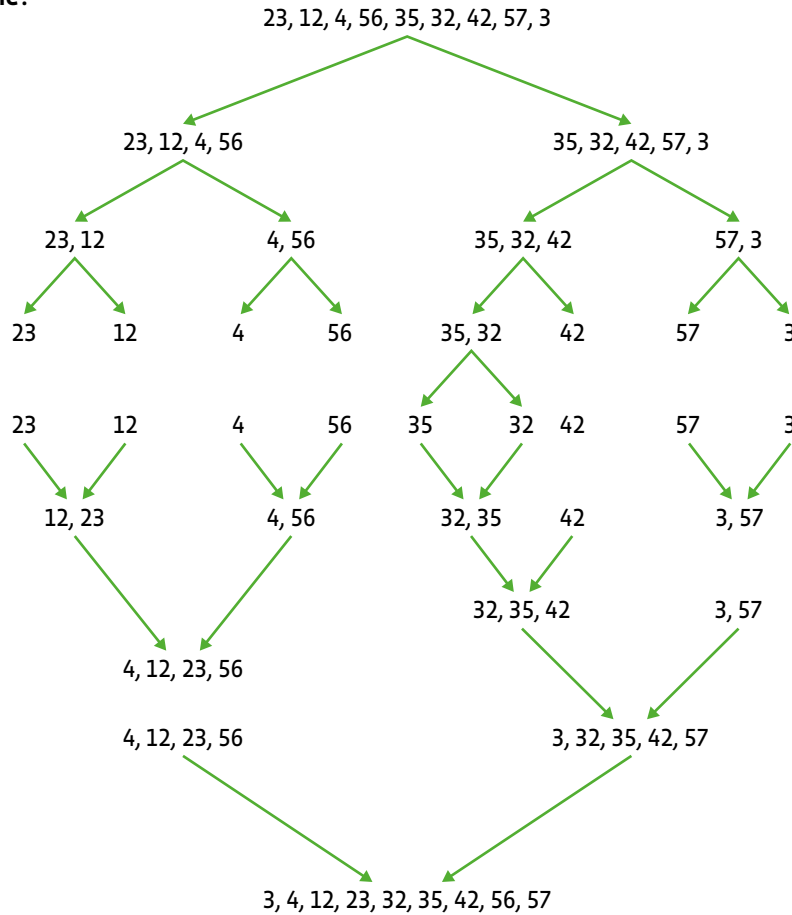
(Fusionner signifie qu'on combine les deux parties en intercalant les nombres pour qu'ils soient dans l'ordre)

#### Un exemple:



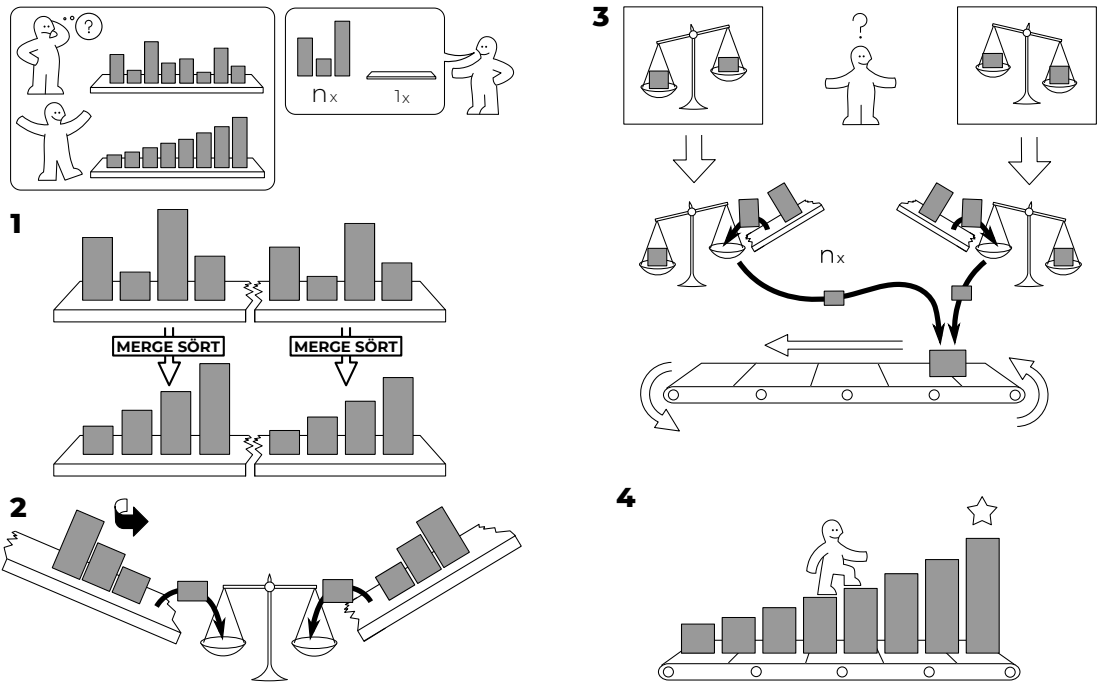
(remarque: à la main ce n'est pas très performant, c'est fait pour être exécuté par un ordinateur!)

Un autre exemple:



# MERGE SÖRT

idea-instructions.com/merge-sort/ v1.2, CC by-nc-sa 4.0 **IDEA**

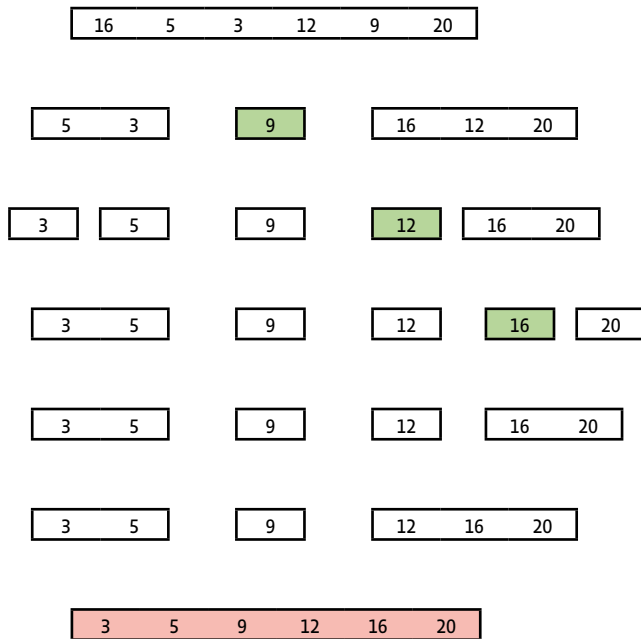


Il est plus complexe que les algorithmes précédents, mais il est très efficace, en particulier sur de grandes séquences de données.

### 3.6. Le tri rapide (quick sort)

Ce tri fait partie de la famille des algorithmes «diviser pour régner», comme le tri fusion. Le principe est de séparer l'ensemble des données en deux parties. La séparation se fait par rapport à une valeur «pivot» (choisie au hasard), en deux ensembles de valeurs inférieures ou supérieures à la valeur «pivot». Les deux ensembles sont ensuite traités séparément de la même manière. Autrement dit, pour une liste de nombres, on choisit un nombre «pivot», on crée deux sous-listes, une composée des nombres inférieurs au «pivot» et l'autre de nombres supérieurs au «pivot», et on poursuit jusqu'à ce que toute la liste soit triée.

Un exemple:



On choisit un pivot comme on veut, par exemple 9. On met à gauche les nombres plus petits que 9 et à droite ceux qui lui sont plus grands.

À gauche on choisit 5 comme pivot et on range par rapport à lui. À droite, on choisit 12 comme pivot et on range par rapport à lui.

À droite, on choisit 16 comme pivot et on range par rapport à lui.

On regroupe les morceaux.

On regroupe les morceaux.

On regroupe les morceaux.  
La liste est triée.

## KVICK SÖRT

1. Choisir un pivot (le dé).

2. Comparer les éléments au pivot.

3. Déplacer les éléments plus petits à gauche et les plus grands à droite.

idea-instructions.com/quick-sort/  
v1.2, CC by-nc-sa 4.0 **IDEA**

4. Partitionnement initial.

5. Répartition des éléments.

6. Application de KVICK SÖRT sur les sous-ensembles.

Ce tri, très performant, a été inventé dans les années 60. Avec le tri fusion, il est le plus utilisé au monde.



### 3.7. Les réseaux de tri (machine à trier)

L'utilisation d'un réseau de tri pour trier des données est différente des algorithmes de tri par comparaison que nous avons vus précédemment.

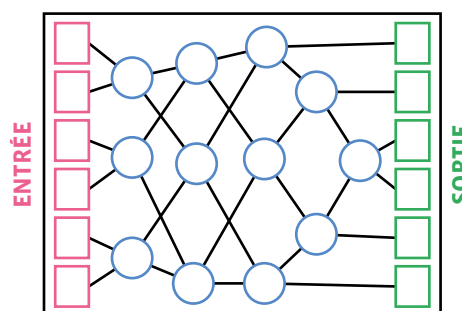
Un réseau de tri est composé de fils et de comparateurs. Les données à trier circulent le long des fils. Chaque comparateur connecte deux fils, compare les données qui entrent par les fils et les trie, sortant la plus petite donnée sur l'un des fils, la plus grande sur l'autre. Un réseau de tri ne peut traiter qu'un nombre fixe de valeurs.



L'indépendance des séquences de comparaison permet une exécution en parallèle, on parle de calcul distribué. Malgré leur simplicité, la théorie des réseaux de tri est étonnamment profonde et complexe.

#### La machine à trier

La machine à trier est un dispositif pédagogique inspiré des réseaux de tri et destiné à initier les jeunes et les moins jeunes à l'algorithmique, au tri, à l'usage de données et au calcul distribué. Cette activité est de type débranché, sans ordinateur.



## 4. Comparaison des algorithmes de tri

#### Algorithmes lents

Ces algorithmes sont considérés comme lents pour des entrées dont la taille est de plus de quelques dizaines d'éléments.

- **Tri stupide**: ce tri n'est pas utilisé en pratique, son intérêt est uniquement pédagogique.
- **Tri par sélection**: ce tri est rapide pour des petites entrées.
- **Tri par insertion**: c'est souvent le plus rapide et le plus utilisé pour trier des entrées de petite taille. Il est également efficace pour des entrées déjà presque triées.
- **Tri à bulles**: ce tri est peu efficace et rarement utilisé en pratique; son intérêt est principalement pédagogique.

#### Algorithmes rapides

- Tri fusion
- Tri rapide

Les algorithmes de tri rapide et de tri de fusion sont destinés à être effectués par des machines, ils ne sont pas adaptés à un traitement manuel. Ils reposent tous les deux sur le même principe - diviser un problème en sous-problèmes, qu'on divise eux-mêmes, etc. Ils sont les plus utilisés au monde et, selon les situations, l'un peut s'avérer plus efficace que l'autre.

 **Animations et vidéos**

- algorithmes de tri (animation): [[56-33-01](#)]
- animation comparative de tris (en anglais): [[56-33-02](#)]
- illustrations sonores: [[56-33-03](#)]

**Tri par insertion:**

- LEGO®: [[56-21-01](#)]
- 3 cartes: [[56-21-03](#)]

**Tri par sélection:**

- LEGO®: [[56-21-02](#)]
- 4 cartes (croissant): [[56-21-04](#)]

**Tri à bulles:**

- LEGO®: [[56-33-04](#)]
- cartes: [[56-33-05](#)]
- danse: [[56-33-06](#)]
- LEGO®: [[56-33-07](#)]

**Tri fusion:**

- cartes: [[56-33-08](#)]
- nombres: [[56-33-09](#)]
- danse: [[56-33-10](#)]

**Tri rapide:**

- 7 cartes: [[56-33-11](#)]
- nombres: [[56-33-12](#)]