

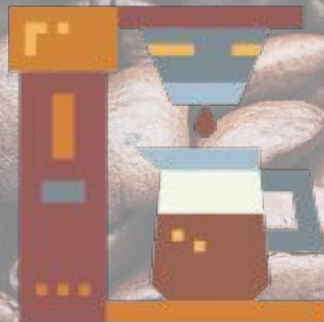
Projet ARE: Théorie de la percolation du café

S2-LU1SXARE

Introduction



Cafetière à capsules



Cafetière à filtre



Cafetière italienne



Percolateur à café

Sommaire

En quoi la percolation joue un rôle important dans la préparation du café ?

- I. Le sujet**
- II. Le modèle**
- III. La simulation**
- IV. Analyse critique**
- V. Perspective**
- VI. Conclusion**

Le sujet

Qu'est-ce que la percolation ?

La percolation (du latin percolare) désigne le passage d'un fluide à travers un milieu poreux.



(source : <https://lclenvironnement.com/test-de-percolation/>)



Champ d'application: incendies de forêts, propagation d'épidémies, phénomènes de migrations, réseaux de trafic, etc.

Le sujet

Principe de fonctionnement d'un percolateur de café

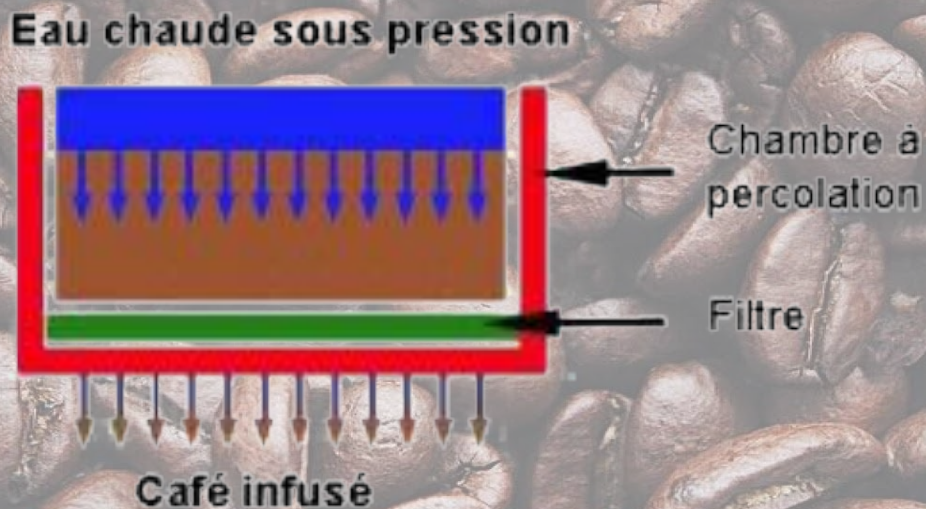
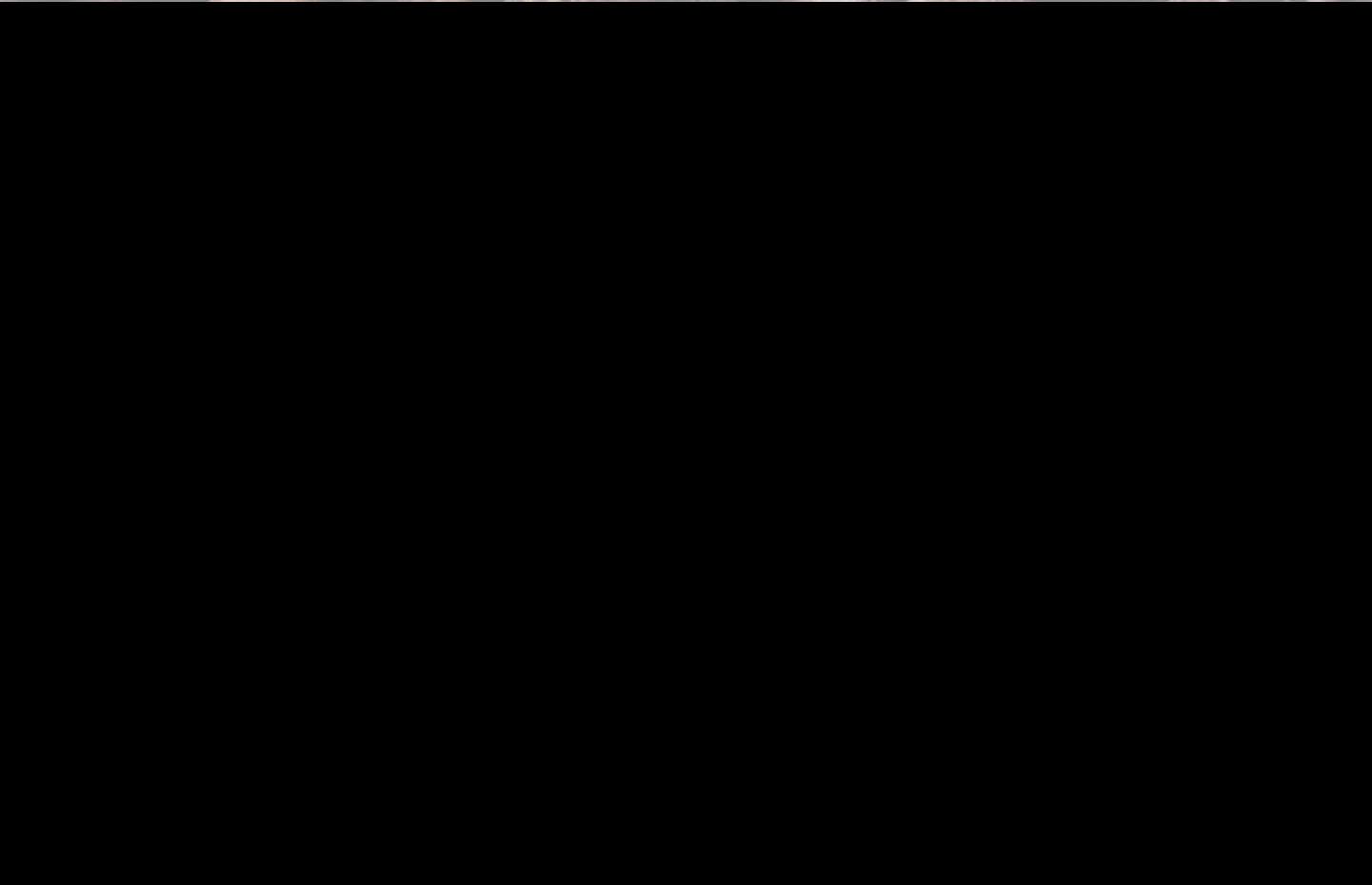


Schéma de percolation



(source: <https://www.youtube.com/watch?v=ego2FkuQwxc>)



Le sujet

Vers 1800, un système de cafetière à percolation (appelée aussi le dubelloire ou la débelloire) est attribué à Jean-Baptiste de Belloy (archevêque de Paris)

(source:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Cafeti%C3%A8re#/media/Fichier:Cafeti%C3%A8re_%C3%A0_percolation_en_fa%C3%AFence_cr%C3%A8me_11.jpg)

Le sujet

Comment fonctionne une cafetière à percolation ?

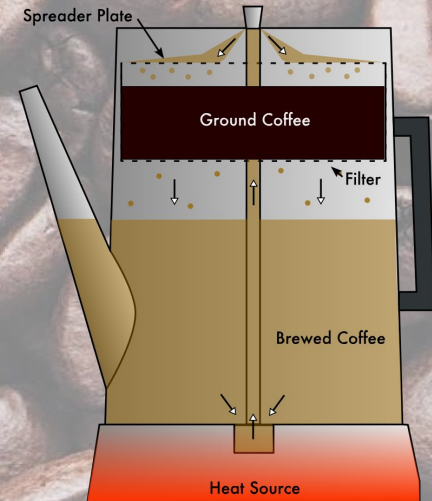


Cafetière italienne

3. compartiment supérieur recevant l'eau ayant percolé à travers la mouture

2. mouture de café à travers laquelle percole l'eau chaude poussée dans l'entonnoir depuis le compartiment inférieur (1)

1. compartiment servant au chauffage de l'eau. Au fur et à mesure que l'eau bout, la pression augmente et pousse l'eau dans l'entonnoir vers la mouture (2)



Percolateur à café

Le modèle

Arrivée de l'eau chaude

Percolateur de Café - CLICKER POUR COMMENCER

Reset

Percolation

63%

64

5.2s

Cliquer sur la première ligne pour lancer la simulation

Bouton permettant de réinitialiser l'environnement et les compteurs

S'affiche s'il y a percolation

Affiche le pourcentage de café extrait sur la totalité des pores

Sélection de la densité des graines

Affiche le temps

Eau chaude

Café

Grain de café

Pores

Filtre puis compartiment à café

Le modèle

```
def generate_random_world(densite, nb_cellules): #creer une liste 2D de 0 et 1 (2)
    unites = [(ligne, colonne) for colonne in range(nb_cellules) for ligne in range(nb_cellules)]
    nb_pores = int( nb_cellules ** 2 * densite) #calcule le nb de pores qu'il faut

    pores = sample(unites, nb_pores) #fonction aleatoire sample pour creer les pores
    world = [[0] * nb_cellules for x in range(nb_cellules)]

    for j1 in range(nb_cellules): #liberer la premiere ligne
        world[0][j1] = 1
    for (i,j) in pores: #placer les pores
        world[i][j] = 1
    return world
```


Le modèle

```
def neighborhood(nb_cellules, i, j): #fonction similaire aux voisins de schelling (8)
    return [(a, b) for (a, b) in
            [(i, j + 1), (i, j - 1), (i + 1, j)] #3 voisins: sud-ouest-est
            if a in range(nb_cellules) and b in range(nb_cellules)]
```


Le modèle

```
def initialisation(): #generer/regenerer notre environnement; bouton Reset relié a initialisation (1)
    global world, cpt, nb_pores, running, sec, doTick
    densite = float(slider.get()) / 100 #prendre la valeur du slider actuel (en cas de reset aussi)
    running = False #l'animation n'est pas en cours
    doTick = False #ni le chrono
    cpt = 0
    sec = 0.0

    lbl_timer.config(text = str(sec) + "s")
    lbl_rendement.config(text = "0%")
    slider["state"] = "normal" #on peut toujours changer le slider

    world = generate_random_world(densite, nb_cellules) #on appelle notre 1ere fonction
    nb_pores = int(nb_cellules * nb_cellules * densite)
    lbl_percolation.config(text="")
    lbl_gout.config(text="")
    dessiner_cellules(world)
```


Le modèle

```
def update_world(world): #permet de passer a l'etat suivant de notre environnement (7)
    nb_cellules = len(world)
    pores_voisins = [] #une liste qui sauvegarde la position des pores voisins
    for ligne in range(nb_cellules):
        for colonne in range(nb_cellules):
            if world[ligne][colonne] == 2: #on change tout ce qui est eau en cafe liquide extrait
                world[ligne][colonne] = 3
                for (i, j) in neighborhood(nb_cellules, ligne, colonne): #verifie les voisins
                    if world[i][j] == 1:
                        pores_voisins.append((i, j))

    for (ligne,colonne) in pores_voisins: #a la fin de l'execution on change tout ce qui est pore en eau
        world[ligne][colonne] = 2
```


Le modèle

```
def propagation(): #permet de lancer/faire progresser l'animation (6)
    global world, cpt, nb_pores, running
    update_world(world) #la mise a jour de l'etat

    nb_eau = sum(world[i][j] == 2 for i in range(nb_cellules) for j in range(nb_cellules))
    cpt += nb_eau #incrementer par le nb d'eau
    rendement = int(cpt / nb_pores * 100) #on trouve le rendement du cafe extrait

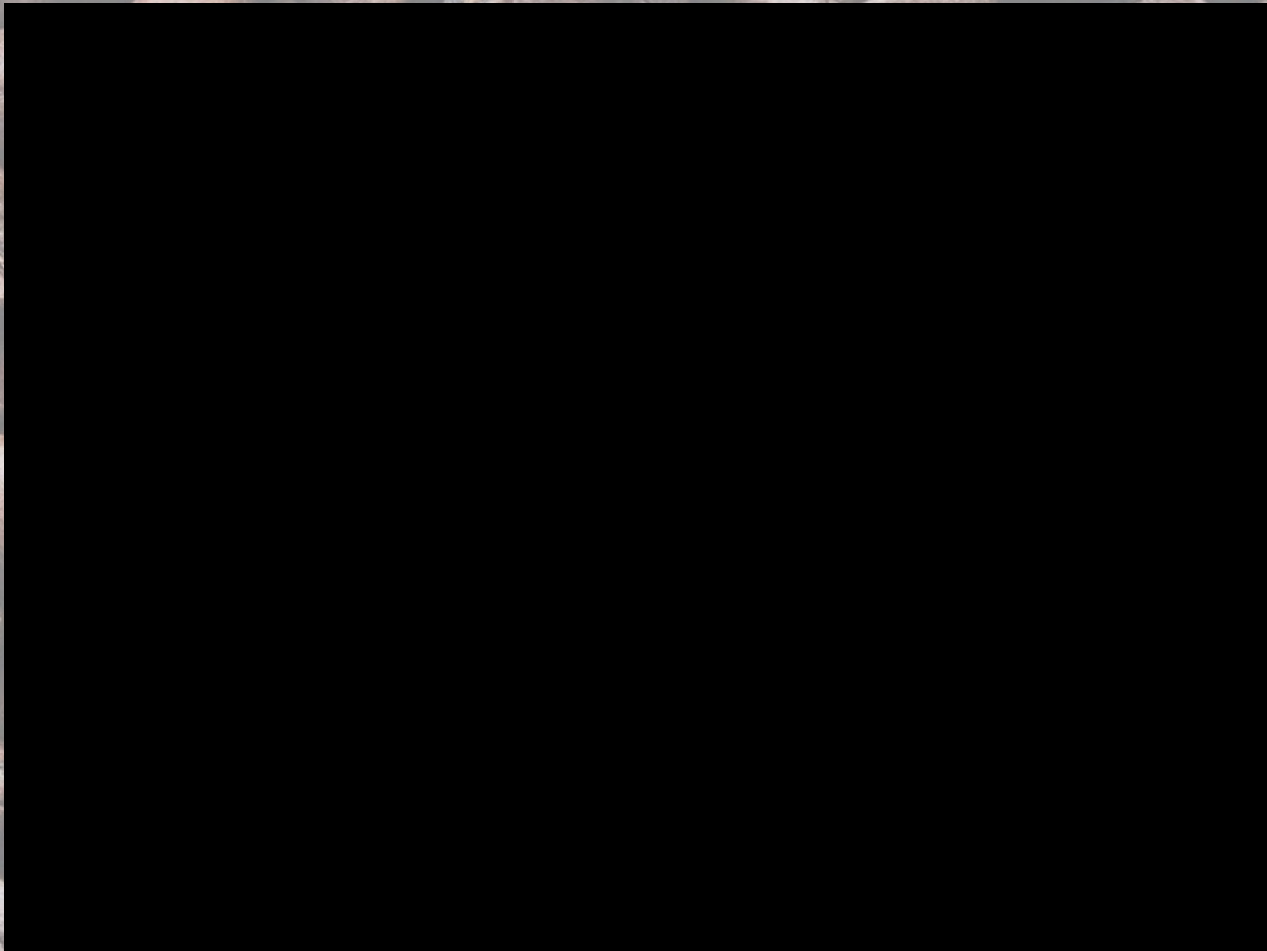
    cnv.delete("all") #effacer tout
    dessiner_cellules(world) #redessiner
    lbl_rendement.config(text = str(rendement) + "%")
    test_percolation(world, nb_cellules)

    if nb_eau == 0: #si arret de propagation, arreter l'animation de l'eau
        running = False
        return

    cnv.after(100, propagation) #propagation est appelee toute les 100ms (100ms de delai entre les images)
```

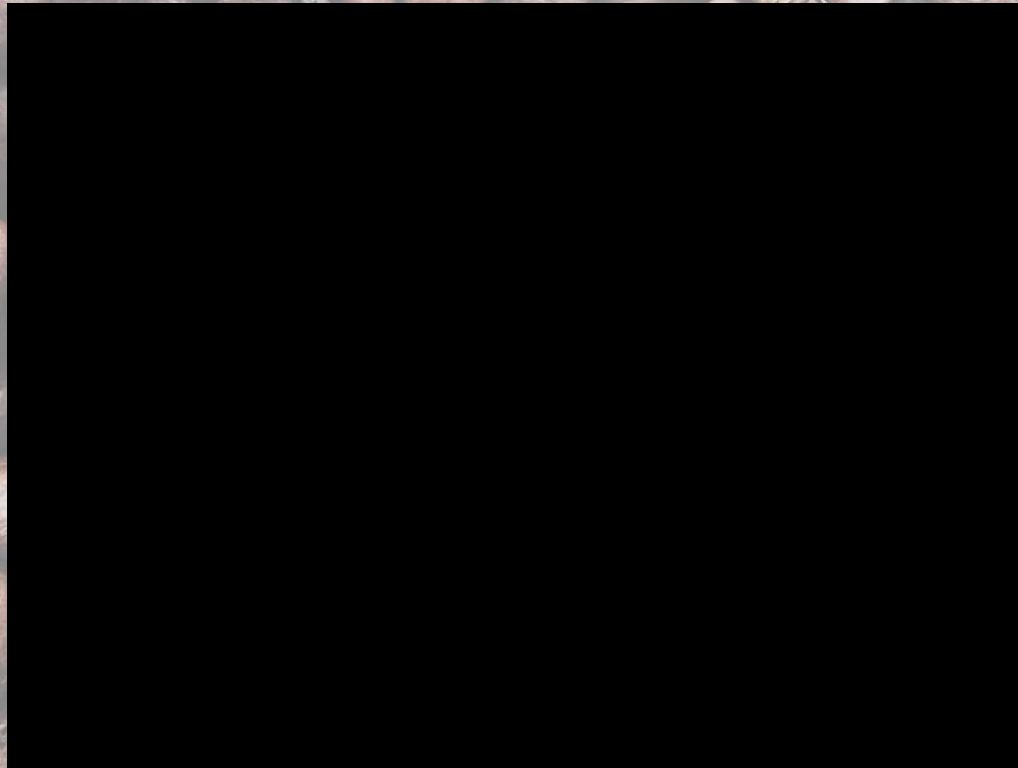

Le modèle

```
def test_percolation(world, nb_cellules): #verifier si une percolation a eu lieu ou pas (8)
    global sec, doTick
    for j1 in range(nb_cellules):
        if world[1][j1] == 3:
            for j2 in range(nb_cellules):
                if world[nb_cellules - 1][j2] == 3: #si on trouve du cafe en bas, il y a eu percolation
                    lbl_percolation.config(text = "Percolation")
                    doTick = False #arreter le chrono
                    if taille_cellule > 15: #conditions de l'afficheur de gout
                        if sec >= 6.5:
                            lbl_gout.config(text = "saveurs -\narômes -\n+ concentré")
                        else:
                            lbl_gout.config(text = "saveurs -\narômes -\n- concentré")
                    elif taille_cellule <= 15:
                        if sec >= 10.0:
                            lbl_gout.config(text = "saveurs +\narômes +\n+ concentré")
                        else:
                            lbl_gout.config(text = "saveurs +\narômes +\n- concentré")
```

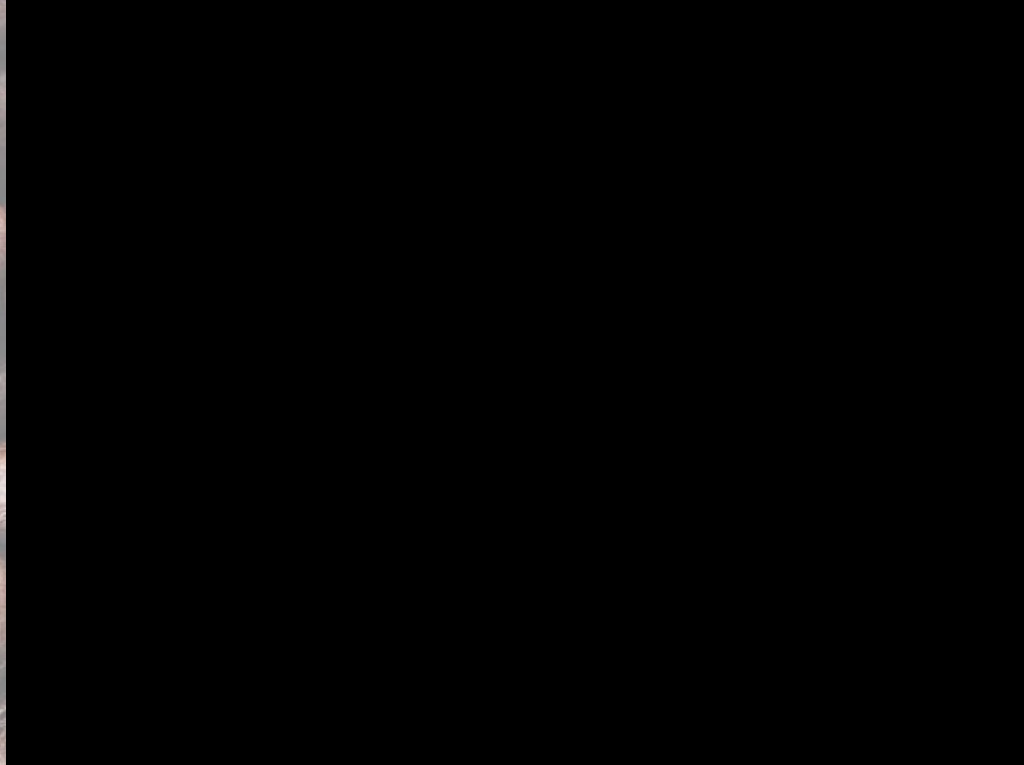



(Source : <https://www.youtube.com/watch?v=ce22H2-0xh4>)

La simulation



La simulation



Analyse Critique

Facteurs physiques pris en compte dans notre simulation:

La taille des graines de café

1. Plus les graines sont petites, plus on augmente la surface de contact entre l'eau et la mouture
 - > Café extrait le possède des saveurs/arômes plus affinés
 - > Sur-extraction
2. Dans le cas contraire, lorsque les graines sont grandes, la surface de contact entre les graines et l'eau est réduite
 - > le café extrait a un goût fade et dilué
 - > Sous-extraction

Analyse Critique

Facteurs physiques pris en compte dans notre simulation:

Volume de la mouture du café (et le temps)

1. Plus la mouture est volumineux,
 - > plus le rendement du café extrait sera élevé
 - > plus le café sera concentré
2. Dans le cas contraire, l'eau attendra le filtre plus rapidement
 - > le rendement du café sera mauvais
 - > moins le café sera concentré

Analyse Critique

Facteurs physiques (ASPECT THÉORIQUE)

La densité des graines de café (aspect théorique)

1. Si Augmentation de la densité des graines de café
-> la percolation de l'eau est perturbée, voire jamais réalisée
2. Dans le cas contraire, un compartiment moins dense
-> facilitera le processus de percolation

Voir la courbe sigmoïde de la percolation

PERCOLATEUR



**CAFETIÈRE
À PISTON**



FILTRE PERMANENT
pour cafetières à filtres
réutilisables
(en métal ou autre)



FILTRE EN PAPIER



EXPRESSO MANUEL
CAFETIÈRES BREVILLE
pour les cafetières à pression
sans pompe et les cafetières
expressos Breville



EXPRESSO BAR
pour les cafetières
expressos électriques
à pompe



TURQUE



Les différents types d'extractions de café

(Source : <https://nomadbarista.com/acheter-un-moulin-a-cafe/>)

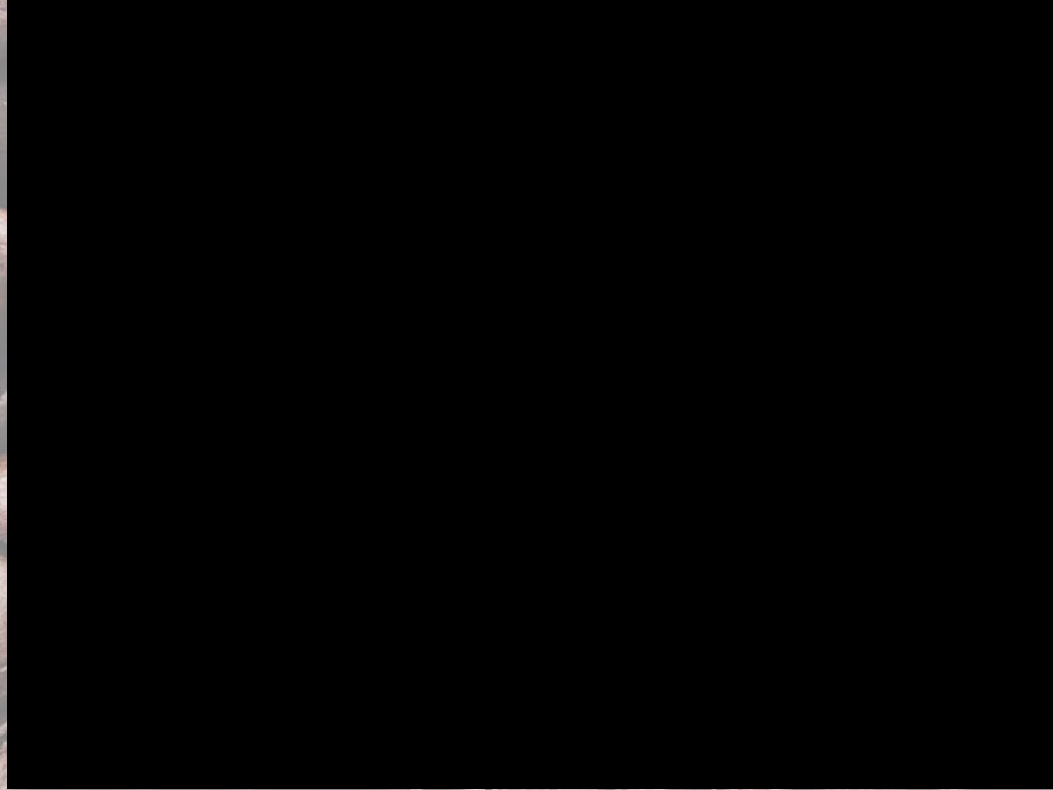
Analyse Critique

Seuil de percolation

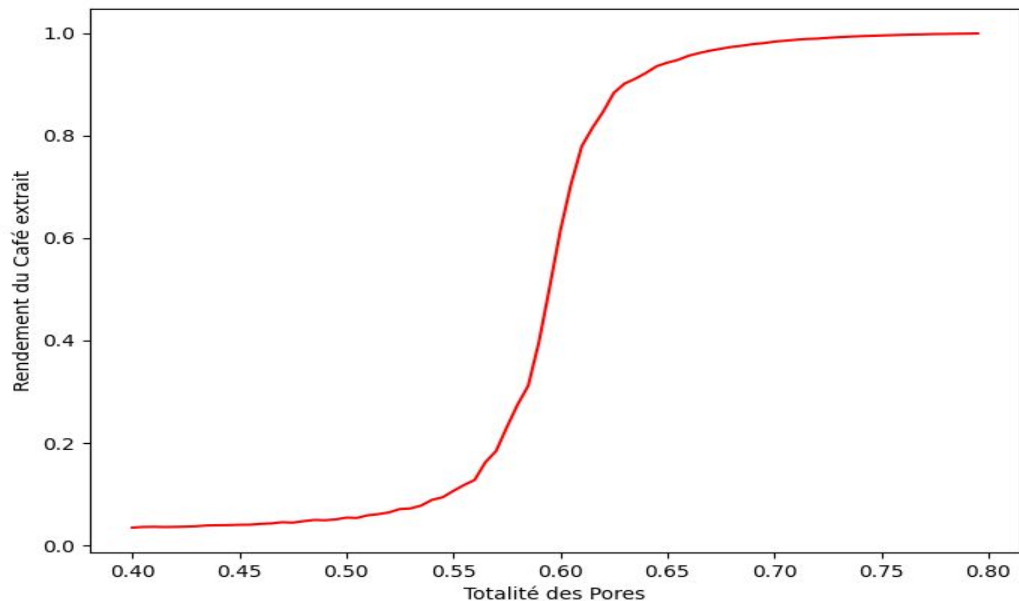
Lattice	# nn	Site percolation	Bond percolation
1d	2	1	1
2d Honeycomb	3	0.6962	$1 - 2 \sin(\pi/18) \approx 0.65271$
2d Square	4	0.592746	1/2
2d Triangular	6	1/2	$2 \sin(\pi/18) \approx 0.34729$
3d Diamond	4	0.43	0.388
3d Simple cubic	6	0.3116	0.2488
3d BCC	8	0.246	0.1803
3d FCC	12	0.198	0.119
4d Hypercubic	8	0.197	0.1601
5d Hypercubic	10	0.141	0.1182
6d Hypercubic	12	0.107	0.0942
7d Hypercubic	14	0.089	0.0787
Bethe lattice	z	$1/(z-1)$	$1/(z-1)$

- Pour une matrice carrée 2D : Il existe un seuil critique théorique de percolation : **0.592746**

Seuil de Percolation de la simulation



Seuil de Percolation de la simulation



Courbe sigmoïde du rendement du café extrait par rapport à la
totalité des pores

Perspectives

Facteurs physiques non prises en compte qui influencent le gout du cafe

- **Température:** La température (catalyseur) de l'eau joue un rôle dans l'extraction des arômes/saveurs de café (lixiviation)
- **Pression:** la pression peut fausser notre simulation de percolation, en ignorant les "murs". Joue aussi un rôle dans la preparation du cafe (espresso)

Perspectives

On se dévie un peu d'une percolation classique

- **L'eau est ajoutée obligatoirement du côté supérieur**
- **La première ligne est toujours libre pour qu'on puisse remplir le compartiment**
- **L'eau n'a pas le droit de remonter vers le haut (voisin supérieur ignoré)**

Conclusion

- La percolation est un phénomène très utile étudiée dans plusieurs domaines scientifiques
- Notre simulation se limite à un environnement 2D, d'où les seuils de percolation exigeants

Conclusion

- **Notre percolateur de café entre dans un cas très spécifique de la percolation (plusieurs limites)**
- **Grâce à la taille des graines de café, leur volume et leur densité, on peut déterminer le temps de percolation de notre système**
 - **-> enfin le goût de notre café**