



# **POJET DE SESSION PARTIE 1**

## **ANALYSE DE DONNÉES SCIENTIFIQUES**

**420-SN1RE-H26- PROGRAMMATION EN SCIENCES**

**SAMIRA BENABDALLAH**

07-04-2026

475, boulevard d2e l'Avenir  
Laval (Québec) H7N 5H9  
Téléphone : 450 975-6100

## PROJET 1 : ANALYSE ET MODÉLISATION D'UNE PANDÉMIE EN PYTHON

### OBJECTIFS :

Cette première partie du projet de session vous permettra de :

- Comprendre l'intérêt et la nécessité des mathématiques dans les autres sciences
- Mettre en place une modélisation mathématique en utilisant Python
- Analyser des données épidémiques.
- Simuler des propagations d'épidémies à l'aide du code Python :
  - À partir de simulations, exploiter un modèle mathématique pour comparer les caractéristiques de quelques épidémies, comprendre le mécanisme de propagation d'une épidémie, etc.
- Manipuler les instructions simples, les conditions, les boucles, listes, chaînes de caractères et créer et appeler vos propres fonctions

### CONSIGNES GÉNÉRALES

- Utilisez uniquement les notions vues dans le cours : déclaration de variable et constantes, instructions simples, conditions, boucles, listes, chaînes de caractères et fonctions.
- Ne pas utiliser des fonctions prédéfinies dans Python ex. `sum()`, `max()` ou autres fonctions avancées sauf indication.
- L'index 0 correspond toujours au **Jour 1 / Semaine 1**
- Vous devez commenter votre code.
- **Les fonctions développées dans la partie 2 doivent être réutilisées dans les parties 3 et/ ou 4.**
- Les données nécessaires au projet se trouvent en annexe.
- Le fichier ***projet1.ipynb*** est disponible sur Moodle. Avant de débiter, renommez-le en *projet1\_nom\_prenom.ipynb*.
- Vous disposez de deux semaines pour compléter et soumettre votre projet sur Moodle. Les échéances sont les suivantes :
  - **Groupes 2 et 3** : 23 avril 2026 à 23 h 59
  - **Groupe 1** : 27 avril 2026 à 23 h 59

## Grille de correction – Projet d’analyse et modélisation d’une Pandémie

Nom de l’étudiant : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Partie / Question	Points	Réalisé <input checked="" type="checkbox"/> / Commentaire
<b>Partie 0 : Préparation des données</b>	10	
Création des listes pour Pays A, Pays B, données internationales et hebdomadaires	5	<input type="checkbox"/>
Variables correctement nommées et cohérentes	5	<input type="checkbox"/>
<b>Partie 1 : Analyse descriptive</b>	20	
Q1.1 : Total des cas et décès avec boucle	5	<input type="checkbox"/>
Q1.2 : Pic de contamination sans max()	5	<input type="checkbox"/>
Q1.3 : Jours critiques (>50 cas)	5	<input type="checkbox"/>
Q1.4 : Pays avec vaccination $\geq 80\%$	5	<input type="checkbox"/>
<b>Partie 2 : Fonctions personnalisées</b>	20	
Fonction somme	2.5	<input type="checkbox"/>
Fonction taux de mortalité cumulée	5	<input type="checkbox"/>
Fonction de comptage selon condition	2.5	<input type="checkbox"/>
Fonction calcul R0	2.5	<input type="checkbox"/>
Utilisation correcte des fonctions dans Parties 3 et 4	7.5	<input type="checkbox"/>
<b>Partie 3 : Analyse et comparaison</b>	15	
Q3.1 : Nombre de jours de confinement	3	<input type="checkbox"/>
Q3.2 : Moyenne des cas avec/sans confinement	6	<input type="checkbox"/>
Q3.3 : Taux de mortalité A, B et données hebdomadaires	6	<input type="checkbox"/>
Q3.4 : Commentaire qualitatif pertinent (bonus 2 pts)	2 (bonus)	<input type="checkbox"/>
<b>Partie 4 : Simulation SIR</b>	25	
Q4.1 : Fonction SIR implémentée	5	<input type="checkbox"/>
Q4.2 : Scénarios définis correctement	5	<input type="checkbox"/>
Q4.3 : Simulation et pic d’infection calculés	7	<input type="checkbox"/>
Q4.4 : Analyse finale cohérente et argumentée	8	<input type="checkbox"/>
<b>Qualité du code et respect des consignes</b>	10	
Code clair, commenté, indentation correcte	5	<input type="checkbox"/>
Respect strict des consignes (pas de sum(), fonctions utilisées)	5	<input type="checkbox"/>
<b>Total</b>	100	

## PARTIE 0 : PRÉPARATION DES DONNÉES

### Question 0.1 : Créez vos listes de données

- Pour le **Pays A**, créez les listes :
  - `cas_quotidiens_A` : nombre de cas quotidiens
  - `deces_quotidiens_A` : nombre de décès quotidiens
  - `guerisons_quotidiens_A` : nombre de guérisons quotidiennes
- Pour le **Pays B**, créez les listes :
  - `cas_quotidiens_B`
  - `deces_quotidiens_B`
  - `confinement_B` : "Oui" ou "Non" selon le jour
- Pour les données internationales, créez :
  - `pays_internationaux`
  - `taux_vaccination`
- Pour les données hebdomadaires, créez :
  - `semaines`
  - `cas_hebdomadaires`
  - `deces_hebdomadaires`

## PARTIE 1 : ANALYSE DESCRIPTIVE

### Question 1.1 : Total des cas et décès

- Créez un programme qui calcule **le total des cas et le total des décès** pour le Pays A. Faites-le **avec une boucle** (ne pas utiliser `sum()`).

### Question 1.2 : Identifier le pic de contamination

- Écrivez un programme qui détermine **le jour où le nombre de cas quotidiens est le plus élevé** et affiche :

- le **nombre maximum de cas** enregistré
- le **numéro du jour** correspondant à ce maximum

**Astuce** : parcourez la liste des cas quotidiens avec une boucle pour comparer chaque valeur et retrouver le maximum et son index. (ne pas utiliser `max()`).

### Question 1.3 : Jours critiques

- Identifiez tous les jours où le nombre de cas dépasse **50 cas** et stockez ces jours dans une liste.

### Question 1.4 : Analyse de la vaccination

- Affichez tous les pays dont le **taux de vaccination est supérieur ou égal à 80%**.

## PARTIE 2 : CRÉATION DE VOS PROPRES FONCTIONS

### Question 2.1 : Fonction somme

- Créez votre propre fonction qui prend **en paramètre une liste de nombres** et retourne **la somme de tous les éléments** de cette liste.

### Question 2.2 : Fonction taux de mortalité cumulé

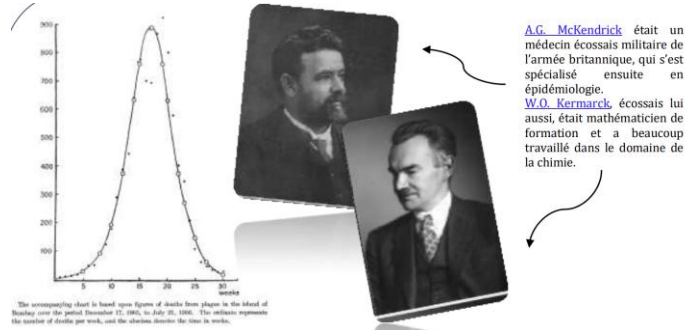
- Créez une fonction qui prend **deux listes en paramètre** : décès et cas. La fonction doit calculer **le taux de mortalité cumulé en pourcentage** en utilisant vos propres calculs (pas d'utilisation de fonction `sum()` ).

### Question 2.3 : Compter des éléments selon une condition

- Créez une fonction qui prend **une liste et une valeur** en paramètre, et qui retourne le **nombre d'éléments de la liste égaux à cette valeur**.

## QU'EST-CE QUE LE MODÈLE SIR

Le modèle « S.I.R. » a été présenté pour la première fois par KERMACK & MCKENDRICK à Londres et Cambridge en 1927 pour expliquer a posteriori l'évolution de l'épidémie de peste à Bombay en 1905-1906.



**SIR** est un modèle mathématique simple utilisé en épidémiologie pour **simuler la propagation d'une maladie infectieuse** dans une population. Le nom **SIR** vient des trois catégories de personnes, compartiment, dans la population :

#### 1. **S – Susceptibles** ou « **Sains** »:

Ce sont les individus **qui peuvent encore être infectés** par la maladie.

Exemple : des personnes qui n'ont pas été malades et ne sont pas vaccinées.

#### 2. **I – Infectés** :

Ce sont les individus **actuellement malades et capables de transmettre la maladie**.

Exemple : une personne qui a le virus et peut le transmettre à d'autres.

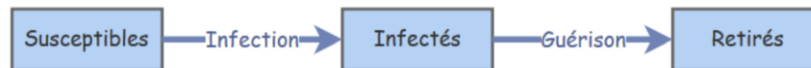
**3. R –Rétablis/Retirés :**

Ce sont les individus **qui ne peuvent plus être infectés ni transmettre la maladie**, soit parce qu'ils sont guéris, soit parce qu'ils sont immunisés ou décédés.

**4. La population N** comporte les trois compartiments :

$$N=S(t)+I(t)+R(t)$$

**5. Les personnes susceptibles peuvent migrer vers la catégorie des infectées, et les personnes infectées peuvent migrer vers la catégorie des retirées, voir la figure ci-dessous.**



**- Les paramètres du modèle**

Le modèle SIR utilise deux paramètres principaux :

**1. β (beta) : taux de transmission**

- Probabilité qu'une personne infectée transmette la maladie à une personne susceptible par unité de temps.
- Plus β est élevé → la maladie se propage plus vite.

**2. γ (gamma) : taux de guérison**

- Fraction des infectés qui guérissent ou sortent de l'état infecté par unité de temps.
- Plus γ est élevé → les malades se rétablissent plus vite.

**- Le nombre de reproduction de base R0**

$$R0 = \frac{\beta}{\gamma}$$

- **R0 > 1** → chaque personne infectée transmet la maladie à plus d'une autre personne → épidémie se propage
- **R0 < 1** → la maladie s'éteint naturellement

**- Comment fonctionne la simulation**

1. On commence avec une population totale  $N$ , un certain nombre de personnes infectées  $I$ , et le reste susceptibles  $S = N - I$ .
2. À chaque étape (jour), on calcule :
  - nouveaux infectés** =  $(\beta \times S \times I) / N$
  - nouveaux guéris** =  $\gamma \times I$
3. On met à jour les catégories :
  - $S = S - \text{nouveaux infectés}$
  - $I = I + \text{nouveaux infectés} - \text{nouveaux guéris}$
  - $R = R + \text{nouveaux guéris}$
4. On répète l'opération chaque jour pour suivre l'évolution de l'épidémie.

Donc, le modèle SIR nous permet de prédire **comment une maladie se propage dans une population et quand elle atteindra son pic**, en fonction de la transmission ( $\beta$ ) et de la guérison ( $\gamma$ ).

#### Question 2.4 : Calcul de $R_0$

Créez une fonction qui prend **beta et gamma** en paramètre et retourne le **nombre de reproduction de base  $R_0$**  :

$$R_0 = \frac{\text{beta}}{\text{gamma}}$$

### PARTIE 3 : ANALYSE ET COMPARAISON

#### Question 3.1 : Nombre de jours de confinement

- Utilisez votre fonction que vous avez défini dans la partie 2 pour compter le **nombre de jours où le confinement est actif** pour le Pays B ("Oui").

#### Question 3.2 : Moyenne des cas

- Comparez la **moyenne des cas** pour le Pays B :
  - les jours **avec confinement**
  - les jours **sans confinement**
  - Pour chaque moyenne, calculez le **total des cas avec votre fonction**, puis divisez par le nombre de jours correspondant.

#### Question 3.2 : Moyenne quotidienne des cas pour le Pays B

- Calculez la moyenne quotidienne des cas pour le Pays B pour :
  1. **Les jours avec confinement**
  2. **Les jours sans confinement**

Pour chaque catégorie, appeler votre fonction pour calculer le **total des cas**. Divisez ensuite ce total par le **nombre de jours correspondants** afin d'obtenir la moyenne.

#### Question 3.3 : Taux de mortalité

- Calculez et comparez le **taux de mortalité cumulé** pour :
  - Pays A
  - Pays B
  - Données hebdomadaires

#### Question 3.4 : Analyse qualitative

- Écrivez un petit commentaire sur :
  - l'impact du confinement sur les cas
  - l'effet de la vaccination
  - quel pays semble mieux gérer la pandémie

## PARTIE 4 : SIMULATION SIR

**Question 4.1 : Implémenter le modèle SIR** en utilisant les paramètres du Tableau 4.

- Créez une fonction `simuler_epidemie(jours, beta, gamma)` qui :

- initialise S, I et R
- simule l'évolution de l'épidémie **jour par jour**
- retourne la liste du nombre d'infectés par jour

Le paramètre `jours` représente le nombre de jour de simulation ex. 90 jours de pandémie.

**Question 4.2 : Définition des scénarios**

- Créez **au moins deux scénarios** pour tester la simulation :

- **Scénario optimiste** : faible propagation (beta faible), guérison rapide (gamma élevé)
- **Scénario catastrophe** : forte propagation (beta élevé), guérison lente (gamma faible)

**Question 4.3 : Simulation des scénarios**

Pour chaque scénario :

1. Calculez  **$R_0$**  avec votre fonction
2. Simulez l'épidémie avec `simuler_epidemie`
3. Déterminez :
  - le **pic d'infection**
  - le **jour du pic**

**Question 4.4 : Analyse finale**

- Écrivez une analyse :

- Quel scénario produit le **plus grand pic** ?
- Quel scénario atteint le pic **le plus rapidement** ?
- Quel scénario est **le moins dangereux** ?

Expliquez en lien avec **beta, gamma, confinement et vaccination**.

## RÉFÉRENCES

H. AlQadi et M. Bani-Yaghoub (2022). Incorporating global dynamics to improve the accuracy of disease models: Example of a COVID-19 SIR model. PMID: PMC8993010

HH Weiss, The SIR model and the Foundations of Public Health.+ Université Barcelone, Espagne.

Grande école à Rennes. Modèle SIR, récupérer de <https://perso.eleves.ens-rennes.fr/~mbouc892/SIR.pdf>

# ANNEXE

## Projet d'analyse et modélisation épidémiologique

### Données de pandémie

Cet annexe contient les données nécessaires pour réaliser votre projet de programmation scientifique en Python. Les données sont organisées en plusieurs tableaux couvrant différents aspects d'une pandémie. La population totale est de 10 000 habitants

**Tableau 1 : Évolution quotidienne de la pandémie — Pays A (sans mesures de confinement)**

Jour	Nouveaux Cas	Décès	Guérisons	Cas Actifs	Remarque
1	10	0	0	10	Début de l'épidémie
2	15	1	2	23	Propagation initiale
3	22	1	5	39	Accélération
4	35	2	8	64	Phase exponentielle
5	50	3	12	101	Phase exponentielle
6	72	5	20	148	Pic approchant
7	95	7	35	201	Pic approchant
8	110	9	55	247	Pic de l'épidémie
9	105	10	75	267	Début du déclin
10	90	10	95	262	Déclin progressif
11	75	8	115	244	Déclin progressif
12	58	7	130	220	Déclin progressif
13	42	5	140	197	Déclin progressif
14	30	4	148	175	Fin de vague
15	20	3	152	160	Fin de vague
16	13	2	155	151	Retour à la normale
17	8	1	156	147	Retour à la normale
18	5	1	157	145	Retour à la normale
19	3	0	157	144	Fin de l'épidémie
20	2	0	157	143	Fin de l'épidémie

*Note : Le Pays A n'a pas mis en place de mesures de confinement. Observer la courbe en cloche caractéristique d'une épidémie non contrôlée. Population totale : 10 000 habitants.*



Tableau 2 : Évolution quotidienne de la pandémie — Pays B (avec mesures de confinement)

Jour	Nouveaux Cas	Décès	Guérisons	Cas Actifs	Confinement	Remarque
1	8	0	0	8	Non	Début de l'épidémie
2	12	0	1	19	Non	Propagation initiale
3	18	1	3	34	Non	Accélération
4	25	1	6	52	Non	Phase exponentielle
5	20	2	10	60	Oui	Confinement débuté
6	18	2	15	61	Oui	Effet du confinement
7	15	2	20	54	Oui	Effet du confinement
8	12	2	25	39	Oui	Déclin rapide
9	9	1	28	19	Oui	Déclin rapide
10	6	1	30	-6	Oui	Contrôle de l'épidémie
11	4	0	32	-28	Oui	Contrôle de l'épidémie
12	3	0	33	-30	Non	Fin du confinement
13	5	0	33	-28	Non	Légère reprise
14	8	1	32	-25	Non	Légère reprise
15	12	1	30	-19	Non	Deuxième vague
16	18	2	28	-8	Oui	Reconfinement
17	15	2	27	-14	Oui	Effet du confinement
18	11	1	26	-16	Oui	Déclin
19	7	1	25	-19	Oui	Déclin
20	4	0	25	-21	Oui	Fin de la deuxième vague

*Note : Le Pays B a instauré un confinement au jour 5, puis l'a levé au jour 12, entraînant une deuxième vague. Un reconfinement a été décidé au jour 16. Population totale : 10 000 habitants.*

**Tableau 3 : Comparaison internationale des réponses à la pandémie**

Pays	Population (M)	Confinement	Système de Santé	Dépistage	Densité Urbaine	Taux de Vaccination (%)
France	67	Oui	Élevé	Élevé	Modéré	85
Allemagne	83	Oui	Élevé	Élevé	Modéré	78
Italie	60	Oui	Élevé	Élevé	Élevé	72
Espagne	47	Oui	Élevé	Modéré	Élevé	68
Royaume-Uni	67	Oui	Élevé	Élevé	Modéré	80
États-Unis	331	Non	Élevé	Élevé	Faible	55
Brésil	213	Non	Modéré	Modéré	Élevé	48
Inde	1380	Oui	Modéré	Faible	Élevé	42
Chine	1440	Oui	Élevé	Élevé	Faible	90
Japon	126	Non	Élevé	Élevé	Faible	75
Corée du Sud	52	Non	Élevé	Élevé	Faible	88
Australie	25	Oui	Élevé	Élevé	Faible	82

*Note : Ce tableau permet de comparer les stratégies adoptées par différents pays et leurs indicateurs clés. Les données sont fictives mais inspirées de tendances réelles.*

Tableau 4 : Paramètres du modèle SIR pour différents scénarios épidémiques

Scénario	$\beta$ (taux de transmission)	$\gamma$ (taux de guérison)	$R_0$ (nombre de reproduction)	Description	Prévision
Scénario 1 : Sans mesures	0.35	0.07	4.99	Forte propagation	Pic au jour 45
Scénario 2 : Mesures modérées	0.25	0.07	3.57	Propagation modérée	Pic au jour 65
Scénario 3 : Confinement strict	0.15	0.07	2.14	Propagation ralentie	Pic au jour 110
Scénario 4 : Vaccination 30%	0.28	0.07	4.0	Immunité partielle	Pic au jour 55
Scénario 5 : Vaccination 60%	0.2	0.07	2.86	Immunité significative	Pic au jour 90
Scénario 6 : Vaccination 90%	0.1	0.07	1.43	Immunité collective	Pas de pic majeur

*Note :  $\beta$  est le taux de transmission (contacts par jour  $\times$  probabilité de transmission),  $\gamma$  est le taux de guérison (1/durée de la maladie), et  $R_0 = \beta/\gamma$  est le nombre de reproduction de base.  $R_0 > 1$  signifie que l'épidémie se propage.*

Tableau 5 : Données hebdomadaires agrégées pour calculs statistiques

Semaine	Début	Fin	Cas Confirmés	Décès	Hospitalisés	Guérisons	Population	Taux (/10k)	Niveau d'Alerte
1	01/01	07/01	70	5	14	51	10 000	7.0	Critique
2	08/01	14/01	105	8	25	72	10 000	10.5	Critique
3	15/01	21/01	140	11	42	87	10 000	14.0	Critique
4	22/01	28/01	175	14	70	91	10 000	17.5	Critique
5	29/01	04/02	210	16	105	89	10 000	21.0	Élevé
6	05/02	11/02	245	18	140	87	10 000	24.5	Élevé
7	12/02	18/02	280	20	175	85	10 000	28.0	Élevé
8	19/02	25/02	315	22	210	83	10 000	31.5	Élevé
9	26/02	04/03	350	24	245	81	10 000	35.0	Modéré
10	05/03	11/03	385	25	280	80	10 000	38.5	Modéré
11	12/03	18/03	420	26	315	79	10 000	42.0	Modéré
12	19/03	25/03	455	27	350	78	10 000	45.5	Faible