

# Le Louvre : Vermeer victime de son succès

Premier jour de l'exposition Vermeer au Louvre le 22 février 2017 : des visiteurs n'ont pas pu y accéder. Pourquoi ?

Extrait d'un travail effectué pour le M2 pro didactique  
des mathématiques, Université Diderot - Paris 7

Gaëlle Bugnet, Ludovic Hamard, Nadia Herizi, Vicky Kass

Sous la direction d'Alain Kuzniak

# Cycle de modélisation Pisa

## Défi dans le monde réel

Catégories de contenus mathématiques : Quantité ; incertitude et données ; variations et relations ; espace et forme

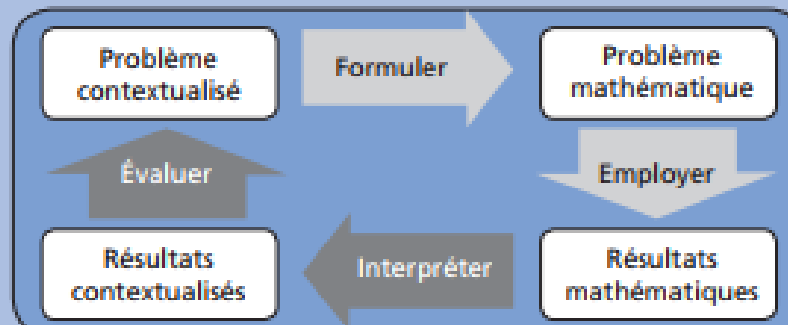
Catégories de contextes tirés du monde réel : Situations personnelles, sociétales, professionnelles et scientifiques

## Pensées et actes mathématiques

Concepts, savoirs et savoir-faire mathématiques

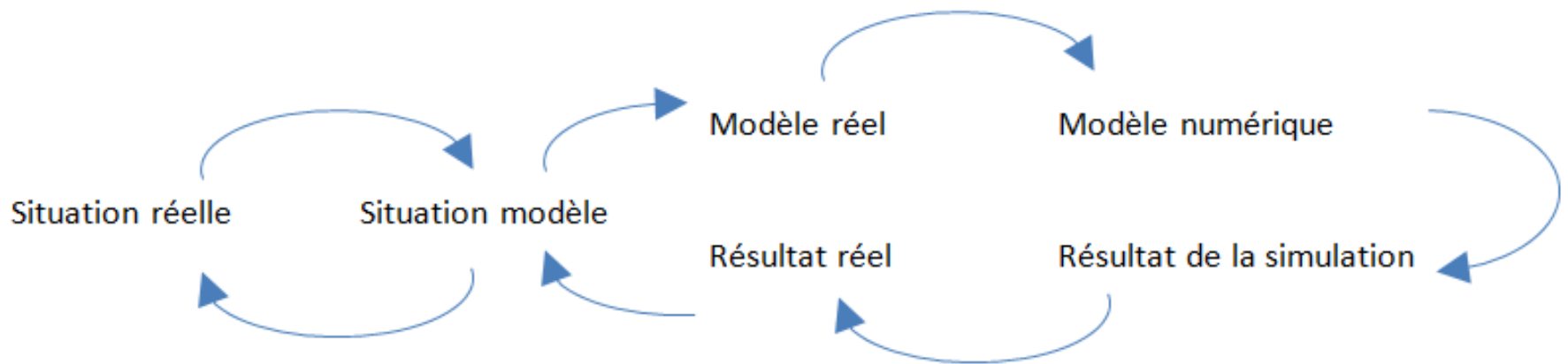
Facultés mathématiques fondamentales : Communication ; représentation ; élaboration de stratégies ; mathématisation ; raisonnement et argumentation ; utilisation d'opération et d'un langage symbolique, formel et technique ; utilisation d'outils mathématiques

Processus : formuler, employer, interpréter/évaluer



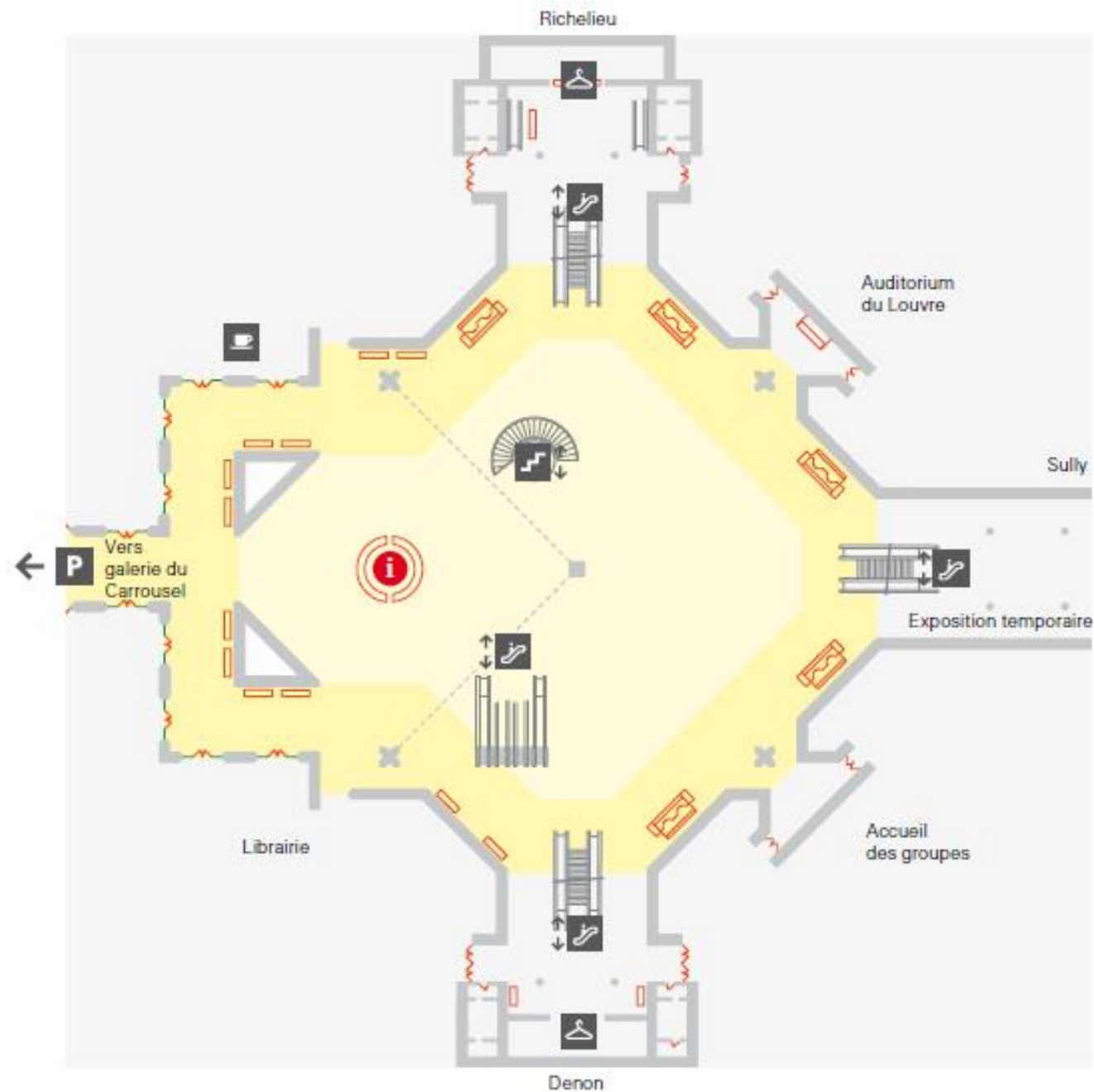
# Cycle de modélisation

Blum et Leiss



# Introduction





1

### LA PYRAMIDE HALL NAPOLÉON

Superficie : 2 500 m<sup>2</sup>.

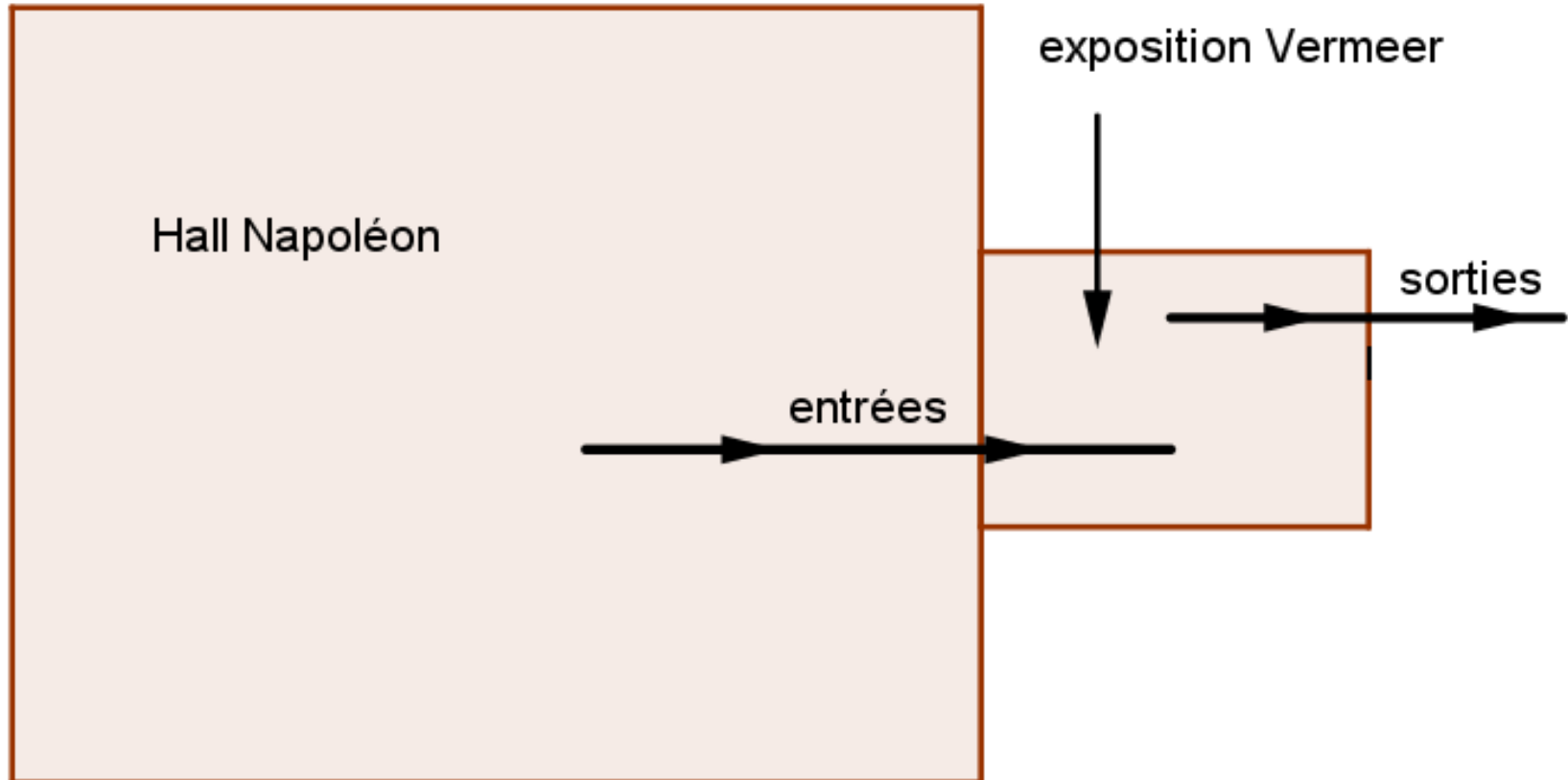
Jusqu'à 1 500 invités assis,  
jusqu'à 3 000 invités debout.

Pour dîners, cocktails dinatoires.  
Le mardi exclusivement  
(jour de fermeture du musée).

# Résultats réels retenus

- 9400 personnes ont visité l'exposition
- Capacité de la salle « Vermeer » de 450 personnes
- Capacité du hall Napoléon de 2500 personnes
- Hall Napoléon saturé à la mi-journée.

# Situation modèle



# Modèle réel

- Entrées possibles entre 9h et 21h.
- Paramètres communs à tous les modèles:
  - Arrivées dans la file d'attente à taux constant.
  - Durée moyenne de visite

# Un modèle Excel

Formule temps d'attente:

$\text{SI}(D10>D9;\text{SI}(\text{NB.SI}(E10:E\$43448;D10)=0; \text{"pas d'entrée"} ; \text{NB.SI}(E10:E\$43448; \text{" < " \&D10}));0)$

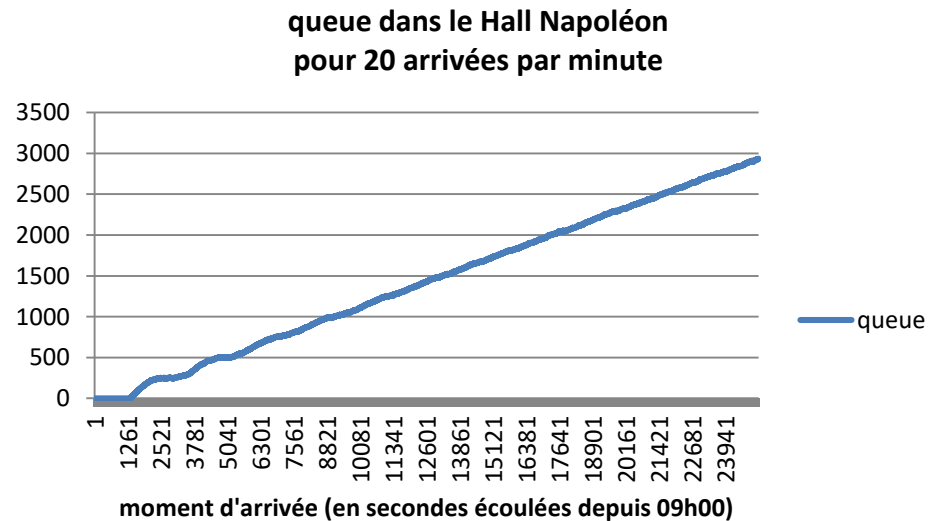
modélisation arrivées toutes les nsec, départs loi normale - Microsoft Excel utilisation non commerciale

F2    fx    =ENT(LOI.NORMALE.INVERSE.N(ALEA());60\*\$B\$1;60\*\$B\$2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	durée moyenne dans l'expo (en min)	35	moment arrivée (en sec)	entrées hall	entrées expo	durée dans l'expo*8	moment de sortie *E	sorties au moment	nombre de personnes dans l'ex	queue	temps d'attente en se
2	écart-type	5	0	1	1	2288	2288	0	1	0	0
3			1	1	0	0	0	0	1	0	0
4	arrivées toutes les n sec	3	2	1	1	0	0	0	1	0	0
5			3	2	2	1851	1854	0	2	0	0
6	capacité de la salle	450	4	2	2	0	0	0	2	0	0
7			5	2	2	0	0	0	2	0	0
8			6	3	3	2179	2185	0	3	0	0
9			7	3	3	0	0	0	3	0	0
10			8	3	3	0	0	0	3	0	0
11			9	4	4	2013	2022	0	4	0	0
12			10	4	4	0	0	0	4	0	0
13			11	4	4	0	0	0	4	0	0
14			12	5	5	2322	2334	0	5	0	0
15			13	5	5	0	0	0	5	0	0
16			14	5	5	0	0	0	5	0	0
17			15	6	6	2637	2652	0	6	0	0
18			16	6	6	0	0	0	6	0	0
19			17	6	6	0	0	0	6	0	0
20			18	7	7	1782	1800	0	7	0	0
21			19	7	7	0	0	0	7	0	0
22			20	7	7	0	0	0	7	0	0
23			21	8	8	1970	1991	0	8	0	0
24			22	8	8	0	0	0	8	0	0
25			23	8	8	0	0	0	8	0	0
26			24	9	9	2494	2518	0	9	0	0
27			25	9	9	0	0	0	9	0	0
28			26	9	9	0	0	0	9	0	0
29			27	10	10	1841	1868	0	10	0	0
30			28	10	10	0	0	0	10	0	0
31			29	10	10	0	0	0	10	0	0
32			30	11	11	2217	2247	0	11	0	0

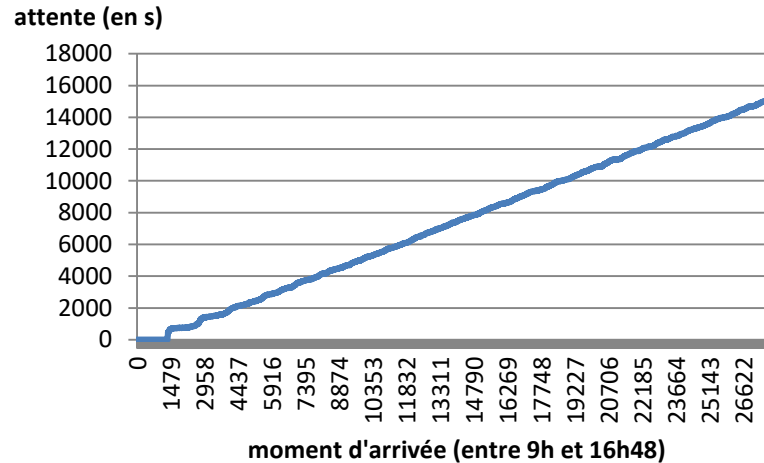
$\mu = 35$  ; Taux d'arrivées dans la queue : 20 personnes par minute

- Exposition saturée vers 16h48.
- 9442 personnes ont pu entrer dans l'exposition.
- Evolution de la file d'attente entre 9h00 et 16h00 :



- Le hall Napoléon est saturé vers 15h.

évolution du temps d'attente (en s) en fonction du moment d'arrivée (en secondes écoulées depuis 9h)



En arrivant à 13h par exemple, on doit compter environ 2heures et 10 minutes d'attente.

# Un modèle Python

*Principes des programmes Python :*

Création d'une liste « sortie »

Sortie  $\Rightarrow$  nouvelle entrée

Paramètres :

- durée moyenne de visite.
- Taux d'arrivées dans la file d'attente dans le premier programme

# Problèmes de Fermi (1901-1954)

physicien italien

Une **estimation (problème, question, exercice) de Fermi** est un problème d'[estimation](#) conçu pour enseigner la manière de faire des [approximations](#) correctes, sans données précises mais à partir d'hypothèses judicieusement choisies. [8]

# Problèmes de Fermi (1901-1954)

physicien italien

Exemple classique [9]: Quel est le nombre d'accordeurs à Chicago?

ACCORDEURS DE PIANO À CHICAGO	
Population	3 millions Ha.
Nombre de personnes par famille	4 Ha. / famille
Nombre de familles	$3 \text{ millions} / 4 = 750\,000$ Familles
Nombre de piano par famille	$1/3$ Piano
Nombre de pianos à Chicago	$750\,000 / 3 = 250\,000$ Pianos
On accorde un piano tous les	5 Ans
Un facteur accorde	4 Pianos / jour
Il travaille	250 jours / an
Soit	$250 \times 4 = 1\,000$ Pianos / an
Ou, en 5 ans	5 000 Pianos
Pour tout Chicago, il faut	$250\,000 / 5\,000 = 50$ Facteurs
On annonce le résultat	25 à 100
Réalité	confirmée par les pages jaunes

# Problèmes de Fermi (1901-1954)

## physicien italien

D'autres exemples:

- Quelle est la longueur de tous les trottoirs de Paris ?
- Avec l'eau de pluie qui est tombée sur la France, combien peut-on remplir de piscines olympiques ?
- Si on remplit Notre-Dame de Paris avec des balles de Ping-Pong, quelle masse cela fait-il ?
- Si on dénoyaute des mirabelles pendant les matches d'une coupe du monde de foot, combien cela fait-il confiture ?
- Combien coûte ou rapporte à l'état français la mesure <dernière mesure fiscale en date> ?
- Quel volume occupe le milliard de dollars libyens en cash que Kadhafi a tenté de faire venir par bateau d'Angleterre ?
- Quel volume occupe le milliard de dollars US livré en or physique à New-York pour le compte de l'université du Texas ?
- Quel est le déficit de précipitation en litres par habitant durant tel mois sec en France (on donne le déficit en mm) ?  
Combien y a-t-il de faits divers (type de fait divers à la mode médiatiquement) en France par jour? (exemple avec les suicides à France Télécom).
- Peut-on faire Paris-Marseille en relais de course-à-pied dans la journée ?
- Combien de temps pour traverser la Manche à la nage ?
- Quelle est la facture d'eau mensuelle d'un ménage français ? En combien de temps l'appartement serait-il complètement rempli par l'eau consommée ?
- Combien d'hectares planter en blé pour faire du pain pour les français ?
- Combien faut-il de cyclistes professionnels à l'allure d'un final d'étape du Tour pour fournir la puissance électrique d'une tranche nucléaire française?

# Tâches LEMA

- Learning in Education through Modelling and Application, voir [1])

# Bibliographie

[1] Tâches LEMA

[http://www.lemaproject.org/web.lemaproject/web/dvd\\_2009/french/resources/tasks\\_creating\\_powerpoint\\_fr.pdf](http://www.lemaproject.org/web.lemaproject/web/dvd_2009/french/resources/tasks_creating_powerpoint_fr.pdf)

[2] Théorie des probabilités Bernard Candelpergher édition Calvage Monet

[3] Wikipédia

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie\\_des\\_files\\_d%27attente](https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_des_files_d%27attente)

[4] Phénomènes d'attente

[https://foad.u-picardie.fr/ines/foadF/eMiage-M1/ModuleC107/C107\\_6.htm](https://foad.u-picardie.fr/ines/foadF/eMiage-M1/ModuleC107/C107_6.htm)

[5] Extrait d'un cours de modélisation de files d'attente

[http://www.prism.uvsq.fr/~mogue/cours-modelisation/Gestion\\_des\\_operations\\_CHAPITRE\\_19\\_QX.pdf](http://www.prism.uvsq.fr/~mogue/cours-modelisation/Gestion_des_operations_CHAPITRE_19_QX.pdf)

[6] Site web Louvre pour tous

<http://www.louvrepour tous.fr/Vermeer-victime-du-Louvre,819.html>

[7] Canard enchaîné du 15 mars 2017

[8] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Estimation\\_de\\_Fermi](https://fr.wikipedia.org/wiki/Estimation_de_Fermi)

[9] <http://villemin.gerard.free.fr/Calcul/Fermi.htm>