

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

*Et si le calcul numérique
redonnait du sens aux notions
de dérivées et d'intégrales ?*

CHRISTEL RUWET (HEPL)



JE ME PRÉSENTE

- Enseignante de mathématiques et de statistiques depuis 2007
- Docteur en sciences mathématiques (ULiège)
- Maître-assistante en mathématiques à la HEPL, sections ingénieur industriel et bachelier en électromécanique
- Mon mantra : « *Comprendre les maths, ça permet de savoir à quoi elles servent.* »
- « ProMath » : Projet de recherche interne (23-24)

CONSTAT DE DÉPART

- 1) Certaines notions, pourtant essentielles en mathématiques, passent moins bien auprès des étudiants

$$(f(g(x)))'$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$$

$$\int_a^b f(x) dx$$

CONSTAT DE DÉPART

- 2) Certaines notions ont des définitions assez éloignées des outils utilisés en pratique pour les calculer

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$$
$$(f(g(x)))'$$

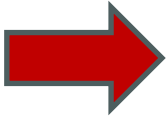
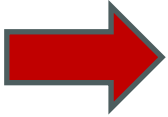
$$\int_a^b f(x) dx$$

!!! Ce sont les mêmes !!!

QUESTIONS

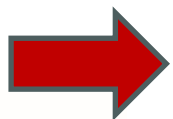
- Les difficultés des étudiants avec ces outils viendraient-elles de l'éloignement entre la définition et le calcul ?
- Et si un autre moyen de calcul les aidait à mieux comprendre ?
- Et si le calcul numérique redonnait du sens aux notions de dérivées ou d'intégrales ?

PEUR DU NUMÉRIQUE ?

- **Problème** : certains étudiants ont peur de la programmation (ou même de l'ordinateur)
 on rajoute une couche de difficulté ?
- **Public cible n°1** : les ingénieurs doivent savoir programmer
 on renforce une autre compétence !

ET POUR LES AUTRES ?

- **Public cible n°2** : les bacheliers en électromécanique doivent savoir utiliser Excel
- Calcul numérique avec Excel
- **Dans le secondaire ?** La programmation arrive progressivement dans les nouveaux référentiels



renforcement d'une autre compétence !

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

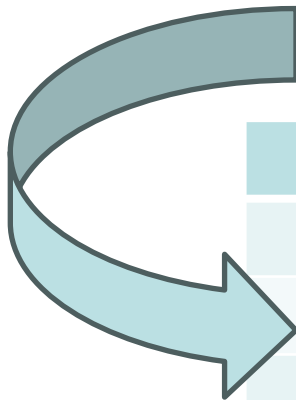
LE CALCUL DE DÉRIVÉES



DÉRIVÉE

= mesure de la variation de f autour de x

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$



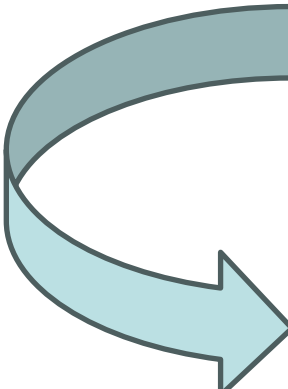
Fonction	Dérivée
k	0
x^n	nx^{n-1}
$\sin(x)$	$\cos(x)$
$f(x) + g(x)$	$f'(x) + g'(x)$
$f(x)g(x)$	$f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$
$f(g(x))$	$f'(g(x))g'(x)$
...	...



NUMÉRIQUEMENT

= mesure de la variation de f autour de x


$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

- 
- On choisit h très petit
 - On approxime

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

AVEC EXCEL

- Approximation de la dérivée en un point :

B4 $=((\$B2+B3)^2-\$B2^2)/B3$						
	A	B	C	D	E	
1	f(x)	x^2				
2	x	1				
3	h	0,1				
4	f'(x)	2,1				
5						

AVEC EXCEL

- Approximations plus précises :

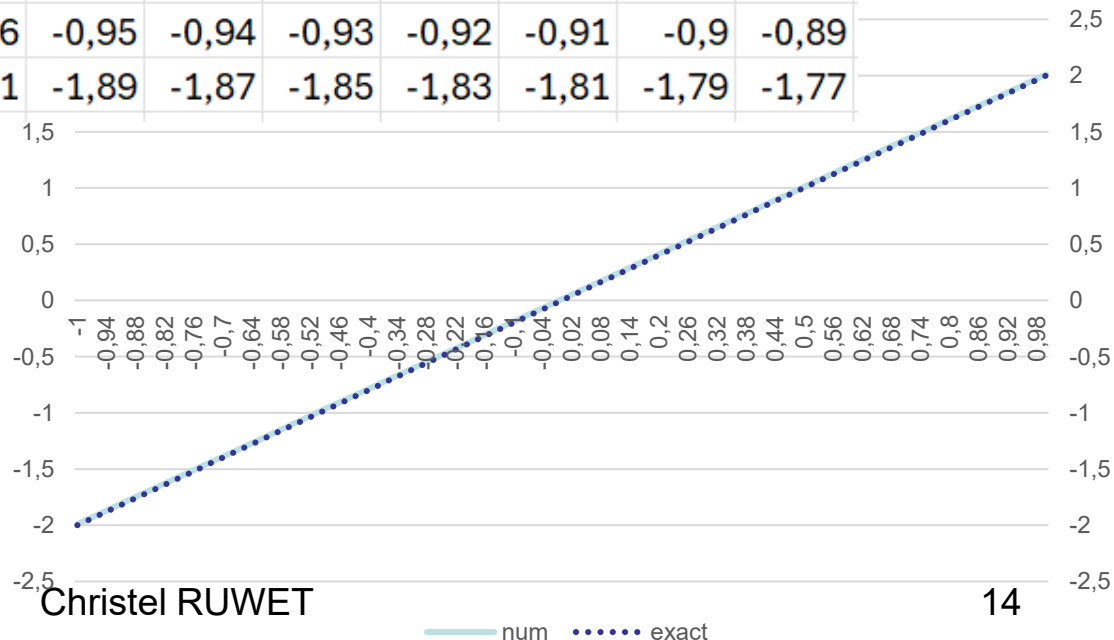
E4		=(((\$B2+E3)^2-\$B2^2)/E3				
	A	B	C	D	E	F
1	f(x)	x^2				
2	x	1				
3	h	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
4	f'(x)	2,1	2,01	2,001	2,0001	2,00001
5						

- ✓ Précision dépend de h
- ✓ Pour le même h, ça dépend aussi de la fonction
- ✓ Limite de précision liée à l'ordinateur

AVEC EXCEL

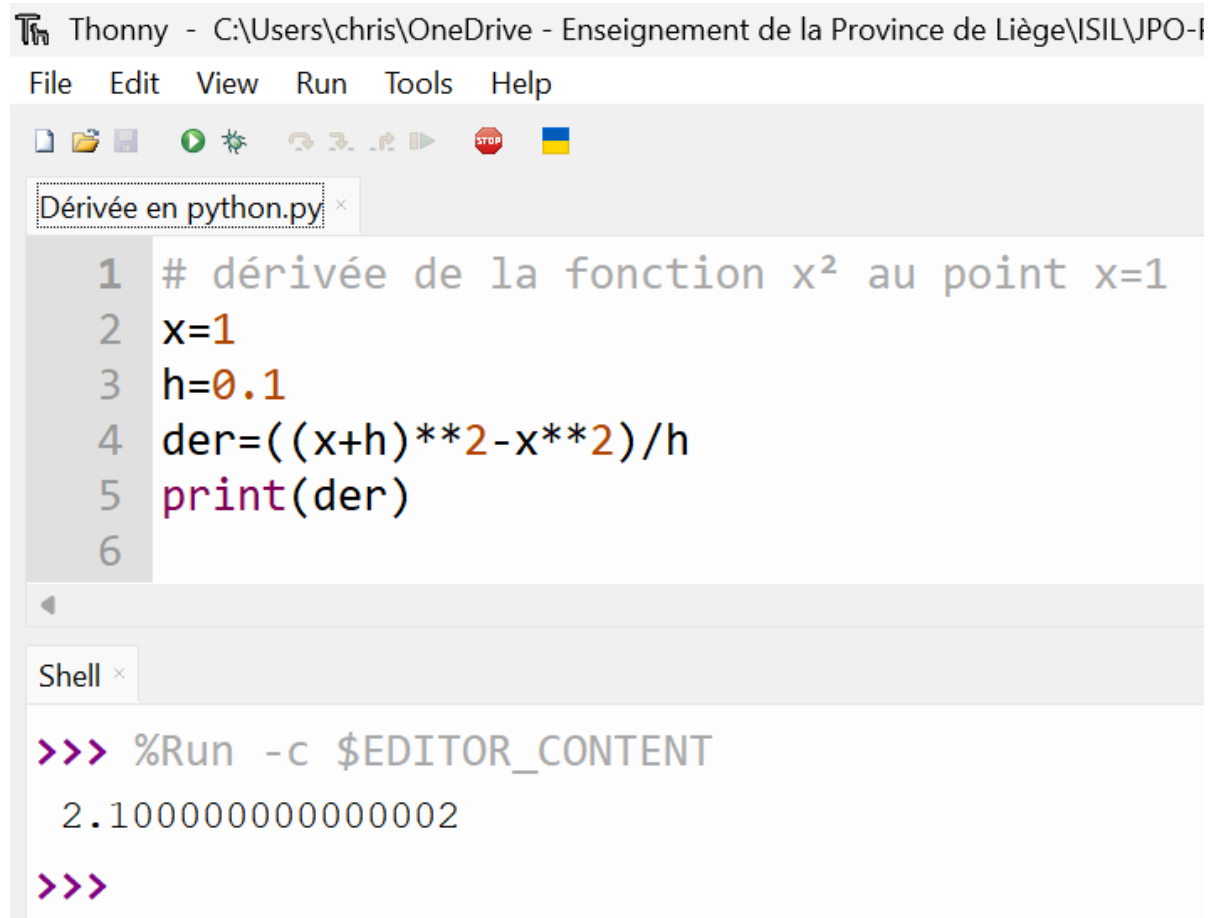
- Approximation de la dérivée sur un intervalle :

B13		=((B12+\$B11)^2-B12^2)/\$B11											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
8	f(x)	x ²											
9	a	-1											
10	b	1											
11	h	0,01											
12	x	-1	-0,99	-0,98	-0,97	-0,96	-0,95	-0,94	-0,93	-0,92	-0,91	-0,9	-0,89
13	f'(x)	-1,99	-1,97	-1,95	-1,93	-1,91	-1,89	-1,87	-1,85	-1,83	-1,81	-1,79	-1,77



AVEC PYTHON

- Approximation de la dérivée en un point :



The screenshot shows the Thonny Python IDE interface. The title bar reads "Thonny - C:\Users\chris\OneDrive - Enseignement de la Province de Liège\ISIL\JPO-I". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Run", "Tools", and "Help". The toolbar contains icons for file operations, running, and debugging. The editor window, titled "Dérivée en python.py", contains the following Python code:

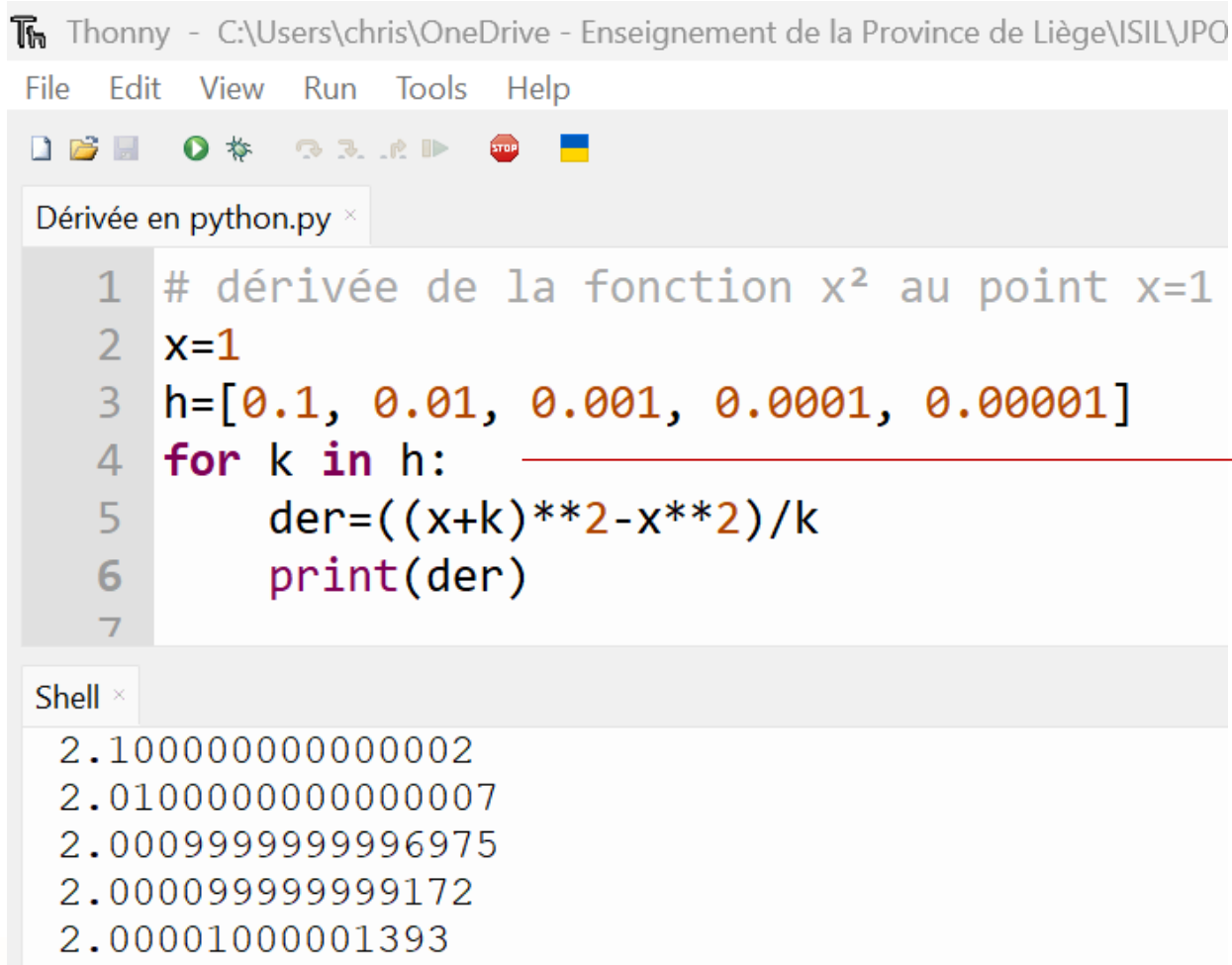
```
1 # dérivée de la fonction x2 au point x=1
2 x=1
3 h=0.1
4 der=((x+h)**2-x**2)/h
5 print(der)
6
```

Below the editor is a "Shell" window showing the execution output:

```
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
2.1000000000000002
>>>
```

AVEC PYTHON

- Approximations plus précises :



The screenshot shows the Thonny Python IDE interface. The title bar reads "Thonny - C:\Users\chris\OneDrive - Enseignement de la Province de Liège\ISIL\JPO". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Run", "Tools", and "Help". The toolbar contains icons for file operations, running, and debugging. The editor window, titled "Dérivée en python.py", contains the following Python code:

```
1 # dérivée de la fonction x2 au point x=1
2 x=1
3 h=[0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001]
4 for k in h:
5     der=((x+k)**2-x**2)/k
6     print(der)
7
```

Below the editor is a "Shell" window showing the output of the program:

```
2.1000000000000002
2.0100000000000007
2.00099999999996975
2.0000999999999172
2.000010000001393
```

Dans le nouveau programme, les boucles sont déjà vues en P6

AVEC PYTHON

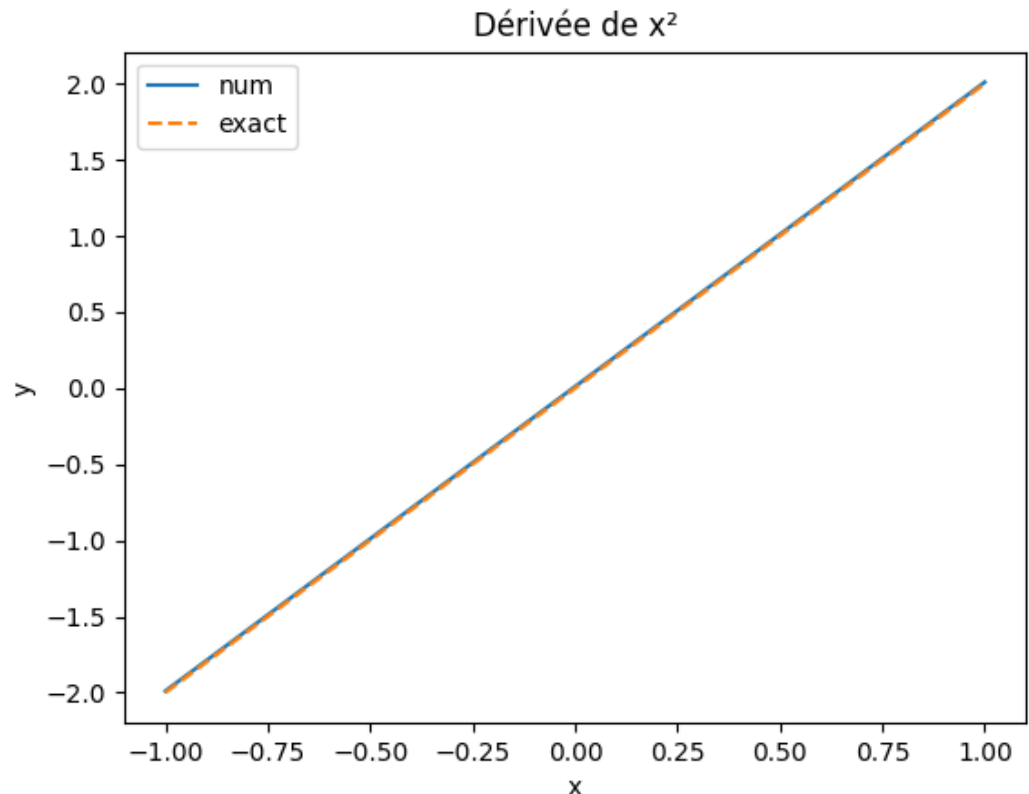
- Approximation de la fonction dérivée sur l'intervalle $[-1,1]$:

```
8 import numpy as np
9 x=1
10 h=0.01
11 x=np.arange(-1,1.01,h)
12 vect=[]
13 for k in x:
14     der=((k+h)**2-k**2)/h
15     vect=np.append(vect,der)
```

AVEC PYTHON

- Représentation de la fonction dérivée :

```
17 from matplotlib import pyplot as plt
18 plt.plot(x,vect,label='num')
19 plt.plot(x,2*x,linestyle='--',label='exact')
20 plt.title("Dérivée de  $x^2$ ")
21 plt.xlabel('x')
22 plt.ylabel('y')
23 plt.legend()
24 plt.show()
```

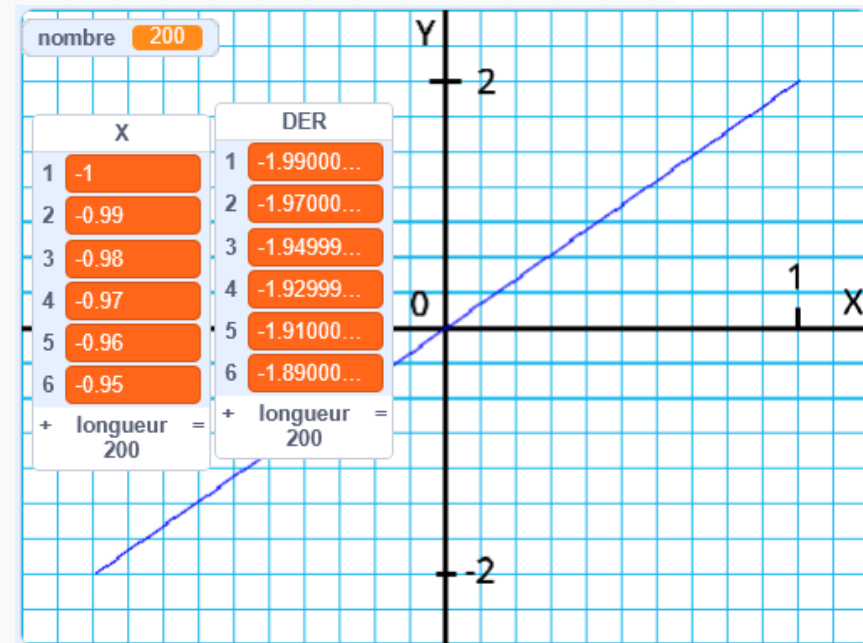
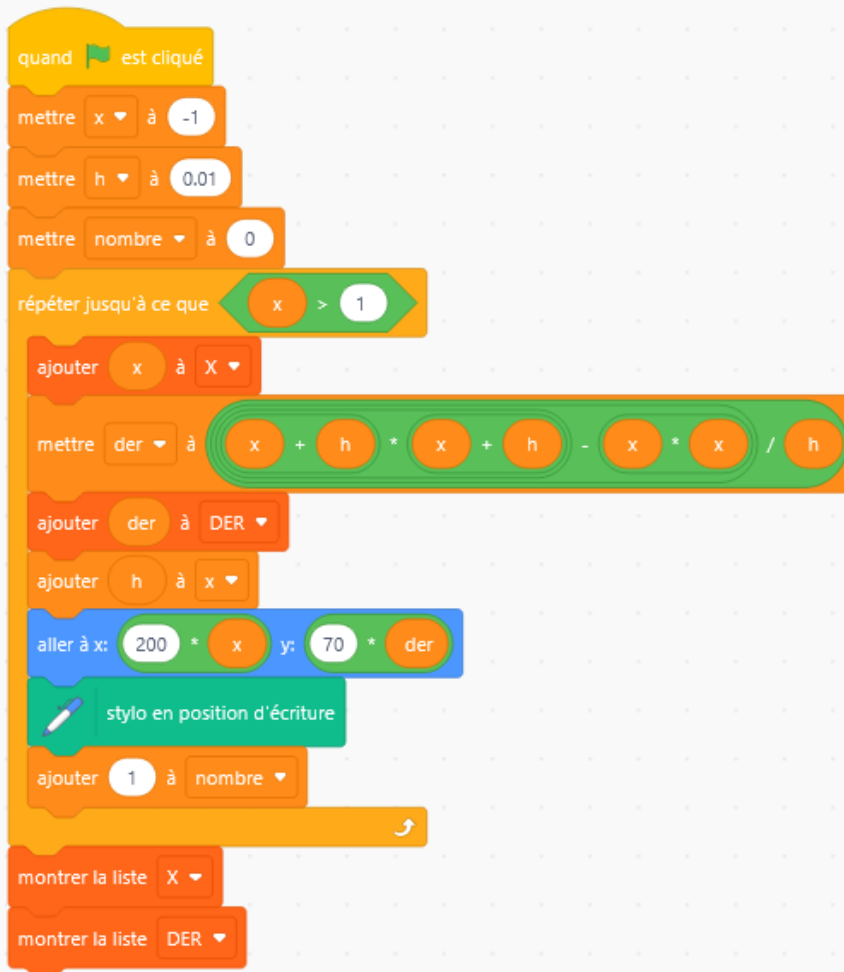


AVEC SCRATCH

The screenshot shows the Scratch IDE interface. The 'Code' tab is active, displaying a script for a character to say 'Bonjour !' and think 'Hmm...'. The 'Apparence' tab is also visible, showing a character with a speech bubble saying 'Bonjour !'. The 'Variables' tab is active, showing two variables: 'x' and 'h', both set to 1 and 0.000001 respectively. The 'DER' (Derivation) variable is also shown, with a list of values: 1: 2.100000..., 2: 2.010000..., 3: 2.000999..., 4: 2.000099..., 5: 2.000010... The 'longueur 5' variable is also shown, with a value of 2.00001. The 'DER' variable is also shown, with a value of 2.00001. The 'longueur 5' variable is also shown, with a value of 2.00001.

- ✓ Utilisé dès la primaire
- ✓ Moins flexible car uniquement +, -, * et /

AVEC SCRATCH



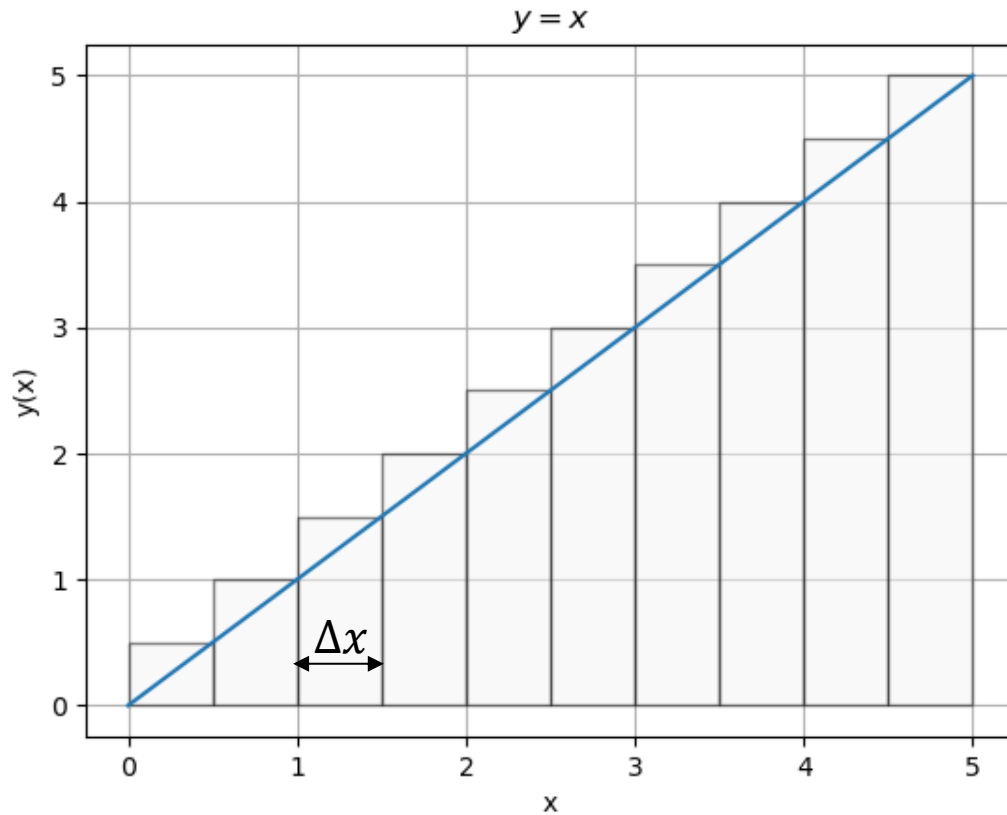
51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

LE CALCUL D'INTÉGRALES



INTÉGRALE DE RIEMANN

= l'aire sous le graphe de f entre deux points

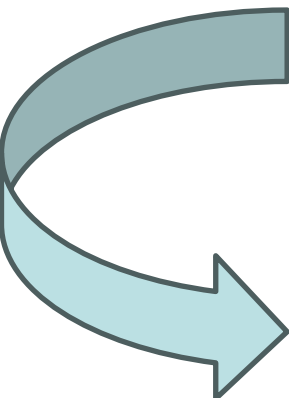


$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(a + k \Delta x) \Delta x$$

INTÉGRALE DE RIEMANN

= l'aire sous le graphe de f entre deux points


$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(a + k \Delta x) \Delta x$$

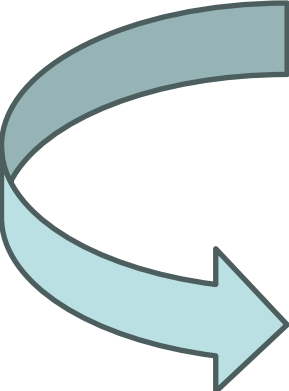

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$$

où F est une primitive
(=anti-dérivée) de f

NUMÉRIQUEMENT

= l'aire sous le graphe de f entre deux points


$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(a + k \Delta x) \Delta x$$

- 
- On choisit h très petit
 - On approxime

$$\int_a^b f(x) dx \approx \sum_{k=1}^n f(a + k h) h$$

AVEC EXCEL

- Approximation de l'intégrale :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	f(x)	x^2																			
2	a	0																			
3	b	2																			
4																					
5	h	0,1																			
6	x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
7	f(x)*h	0,001	0,004	0,009	0,016	0,025	0,036	0,049	0,064	0,081	0,1	0,121	0,144	0,169	0,196	0,225	0,256	0,289	0,324	0,361	0,4
8	Estimation	2,87																			

AVEC EXCEL

- Approximations plus précises :

B8 f_x =SOMME(B7:GS7)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	f(x)	x^2									
2	a	0									
3	b	2									
4											
5	h	0,01									
6	x	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
7	f(x)*h	1E-06	4E-06	9E-06	2E-05	3E-05	4E-05	5E-05	6E-05	8E-05	0
8	Estimation	2,687									

- ✓ Précision dépend de h
- ✓ Pour le même h, ça dépend aussi de la fonction
- ✓ Limite de précision liée à l'ordinateur

AVEC PYTHON

- Approximation de l'intégrale :

```
Intégrale en pyhton.py ×  
1 # intégrale de la fonction  $x^2$  entre 0 et 2  
2 a=0  
3 b=2  
4 h=0.1  
5 import numpy as np  
6 x=np.arange(0.1,2.1,0.1)  
7 I=0  
8 for k in x:  
9     I=I+k**2*h  
10  
11 print(I)
```

Shell ×

```
>>> %Run 'Intégrale en pyhton.py'  
2.8700000000000006
```

AVEC PYTHON

- Approximations plus précises :

Intégrale en pyhton.py ×

```
1 # intégrale de la fonction  $x^2$  entre 0 et 2
2 a=0
3 b=2
4 H=[0.1,0.01,0.001,0.0001,0.00001]
5 import numpy as np
6 for h in H:
7     x=np.arange(h,2+h,h)
8     I=0
9     for k in x:
10         I=I+k**2*h
11     print(I)
```

Shell ×

```
>>> %Run 'Intégrale en pyhton.py'
```

```
2.8700000000000006
2.6867000000000005
2.6686670000000001
2.6668666700000005
2.666686666700014
```

AVEC SCRATCH

- Approximation de l'intégrale :

```
quand [drapeau] est cliqué
  dire Bonjour !
  mettre a à 0
  mettre b à 2
  mettre h à 0.1
  mettre x à a
  mettre I à 0
  répéter jusqu'à ce que x > b
    ajouter h à x
    montrer la variable x
    mettre aireRectangle à (x * x * h)
    ajouter aireRectangle à I
  montrer la variable I
```

a 0

x 2

b 2

I 2.87

h 0.1

aireRectangle 0.4

Bonjour !



Sprite Sprite1

x 0

y 0

Afficher

Taille

100

Direction

90

Scène

AVEC SCRATCH

- Approximations plus précises :

The image shows a Scratch script and its runtime interface. The script on the left is designed to approximate the value of pi by summing the areas of rectangles of increasing precision. It starts with a 'when clicked' event, initializes variables 'a' to 0, 'b' to 2, and 'h' to 0.1. A loop repeats 5 times, adding 'h' to a list 'H', setting 'x' to 'a', and 'l' to 0. Inside the loop, a 'repeat until' block ensures 'x' is greater than 'b'. It then calculates the area of a rectangle (x * x * h) and adds it to a list 'aireRectangle'. Finally, it adds 'l' to a list 'vect l' and divides 'h' by 10. The runtime interface on the right shows the state of these lists and variables. The 'H' list contains values from 0.1 down to 0.00001. The 'vect l' list contains values from 2.870000... down to 2.666686... A speech bubble from the cat sprite says 'Bonjour !'.

Script:

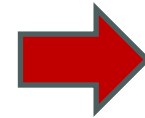
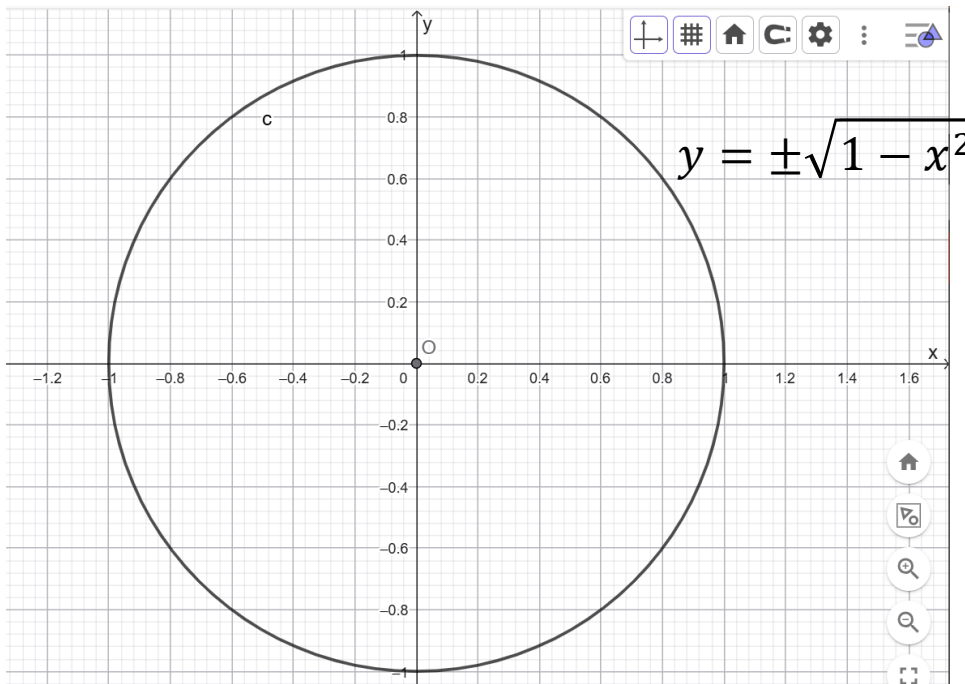
- quand est cliqué
- mettre a à 0
- mettre b à 2
- mettre h à 0.1
- répéter 5 fois
 - ajouter h à H
 - mettre x à a
 - mettre l à 0
 - répéter jusqu'à ce que $x > b$
 - ajouter h à x
 - montrer la variable x
 - mettre aireRectangle à $x * x * h$
 - ajouter aireRectangle à l
 - ajouter l à vect l
 - mettre h à $h / 10$

Runtime Interface:

- Variables: a = 0, b = 2, h = 0.000001, x = 2, l = 2.666687, aireRectangle = 0.00004
- List H:
 - 1: 0.1
 - 2: 0.01
 - 3: 0.001
 - 4: 0.0001
 - 5: 0.00001+ longueur 5 =
- List vect l:
 - 1: 2.870000...
 - 2: 2.686700...
 - 3: 2.672671...
 - 4: 2.667266...
 - 5: 2.666686...+ longueur 5 =
- Sprite: Sprite1 (cat), x = 0, y = 0, Taille = 100, Direction = 90
- Scène: Arrière-plans 1

APPLICATION POSSIBLE

- Estimation du nombre π
- $\pi = \text{aire d'un cercle de rayon 1}$



$$\pi = 2 \int_{-1}^1 \sqrt{1-x^2} \, dx$$

CALCUL DANS EXCEL

	A	B	C	D	E	F	G
1	f(x)	sqrt(1-x^2)					
2	a	-1					
3	b	1					
4	h	0,001					
5							
6	x	-1	-0,999	-0,998	-0,997	-0,996	-0,995
7	f(x)*h	0	4,471E-05	6,321E-05	7,74E-05	8,935E-05	9,987E-05
8	l	1,5707777					
9	pi	3,1415555					

CALCUL DANS PYTHON

```
pi en python.py × Pi.py ×  
1 # Estimation du nombre pi|  
2 a=-1  
3 b=1  
4 h=0.001  
5 import numpy as np  
6 x=np.arange(-1,1,h)  
7 I=0  
8 for k in x:  
9     I=I+2*np.sqrt(1-k**2)*h  
10 print(I)  
11
```

Shell ×

```
>>> %Run 'pi en python.py'
```

```
3.141555466911025
```

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

AVANT D'ALLER PLUS LOIN ...



LES + et LES -

- + Aide à comprendre les définitions
- + Donne du sens aux calculs
- + Renforce les compétences du programme de FMTTN
- Demande un investissement en temps (de préparation et en classe)
- Demande de pouvoir placer les élèves devant un ordinateur

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

SI ON VEUT ALLER PLUS LOIN ...

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES



ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES

- Modélisation de nombreuses situations concrètes
- Pas au programme de secondaire
- Résolution numérique possible avec la seule définition d'une dérivée
- Réponse à la question « A quoi ça sert ? »
- Liens avec FMTTN et les sciences

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

APPLICATION N°1

LE REFROIDISSEMENT D'UN CORPS



REFROIDISSEMENT D'UN CORPS

De retour du magasin, vous mettez votre boisson favorite au frigo (7°C) pour pouvoir la consommer bien fraîche. Il fait en effet chaud aujourd'hui, 24°C , et la boisson est à température ambiante.

Combien de temps devrez-vous attendre pour qu'elle descende à 10°C ?

CONCEPTS PHYSIQUES

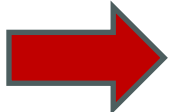
L'observation physique montre que

- La variation de la température est proportionnelle à la différence de température entre l'objet (votre boisson) et le milieu dans lequel il est plongé (le frigo)
- La variation n'est pas la même pour tous les objets

MISE EN ÉQUATION

- Notons $T(t)$ la température de votre boisson à l'instant t
- Quel est l'objet mathématique qui permet de mesurer une variation ?

LA DÉRIVÉE


$$T'(t) = -k(T(t) - 7)$$

avec $k > 0$ une constante de proportionnalité qui dépend de la nature de l'objet considéré.

DÉTERMINATION DE k

- La solution analytique de l'ED est la fonction

$$T(t) = 7 + C \exp(-k t), C \text{ quelconque}$$

- La connaissance de la température initiale $T(0) = 24^{\circ}\text{C}$ permet de trouver C :

$$24 = 7 + C \exp(-0k) = 7 + C \Rightarrow C = 17$$

- L'observation physique montre que la température a baissé de 2°C en 15 minutes :

$$\begin{aligned} 22 &= T(15) = 7 + 17 \exp(-15k) \\ &\Rightarrow k = 0,0083442 \end{aligned}$$

NUMÉRIQUEMENT

Méthode d'Euler

Pour résoudre l'équation $T'(t) = -0,008 (T(t) - 7)$

1) On remplace la dérivée par sa définition :

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{T(t+h) - T(t)}{h} = -0,008 (T(t) - 7)$$

2) On choisit une valeur très petite pour h

3) Au départ de $T(0) = 24$, on construit $T(h)$:

$$T(h) = T(0) - 0,008 h (T(0) - 7)$$

4) Ensuite, on cherche $T(2h)$:

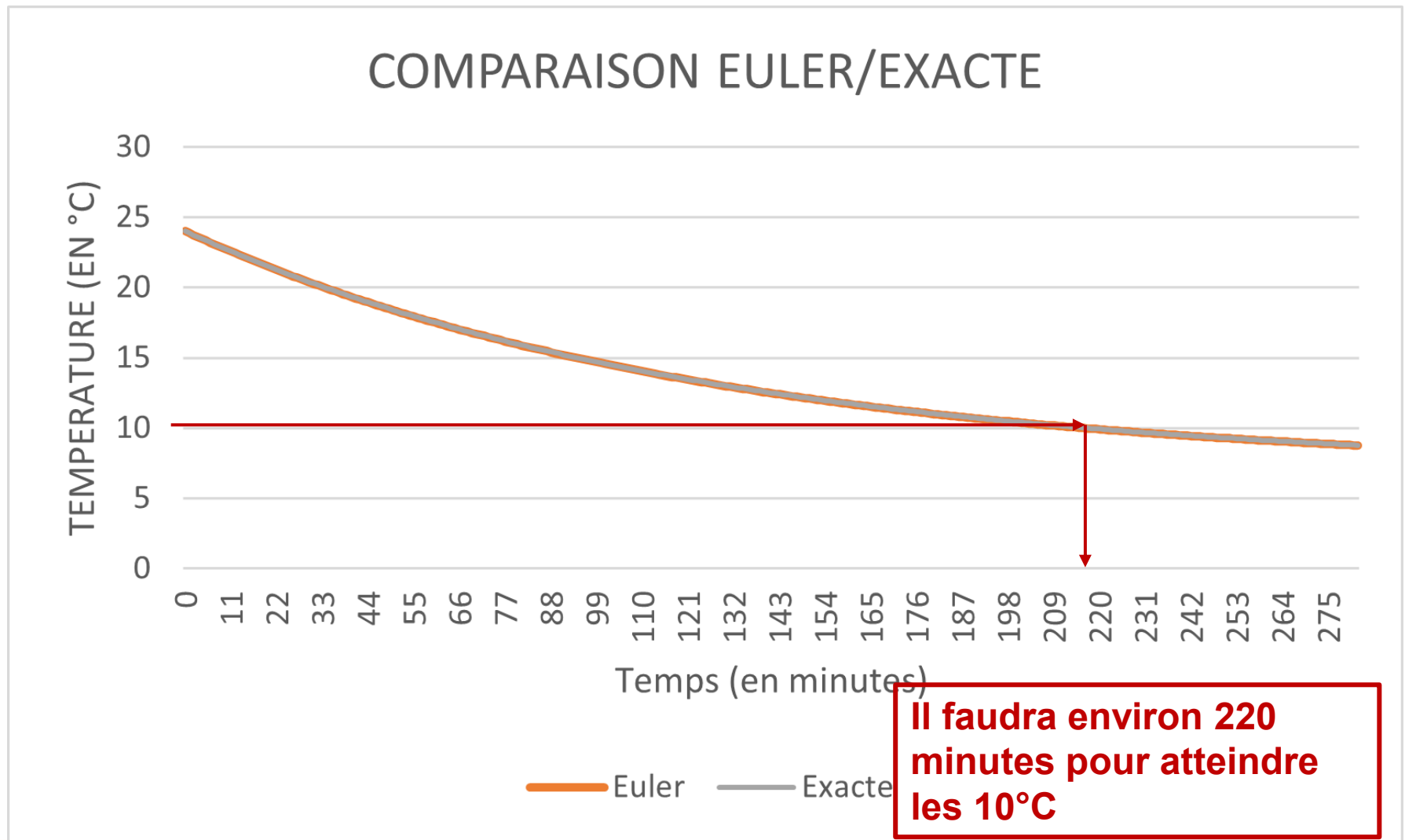
$$T(2h) = T(h) - 0,008 h (T(h) - 7)$$

AVEC EXCEL

Approximation de la fonction $T(t)$:

SOMME ✖ ✓ f_x $=B6- \$B\$3*0,008*(B6-7)$												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	$T'(t)=-0,008(T(t)-7)$											
2	Température initiale	24										
3	h	1										
4												
5	temps	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	Température (Euler)	24	$=B6- \$B\$3*0,008*(B6-7)$				23,33	23,2	23,07	22,94	22,81	

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE



AVEC PYTHON

Approximation de la fonction $T(t)$:

```
1 # Méthode d'Euler pour le refroidissement d'une boisson
2 T0=24
3 k=0.008
4 Tfrigo=7
5 h=1
6 import numpy as np
7 t=np.arange(0,300,h)
8 T=24
9 for i in t:
10     print(i,T)
11     T=T-h*k*(T-7)
```

Shell x

```
210 10.147024136161535
211 10.121847943072243
212 10.096873159527664
213 10.072098174251444
214 10.047521388857433
215 10.023141217746574
216 9.9989560880046
217 9.974964439300564
```

Il faudra 216 minutes pour descendre sous 10°C

AVEC SCRATCH

Approximation de la fonction $T(t)$:

The image shows a Scratch script and its monitors. The script starts with a 'when green flag clicked' event, followed by a 'say Bonjour! for 2 seconds' block. It then initializes variables: $h = 1$, $k = 0.008$, $T_0 = 24$, $T_{\text{frigo}} = 7$, and $t_0 = 0$. A loop 'répéter 300 fois' contains the following blocks: 'ajouter t_0 à t ', 'ajouter T_0 à T ', 'ajouter h à t_0 ', 'mettre dT à $h * k * T_0 - T_{\text{frigo}}$ ', and 'ajouter $-1 * dT$ à T_0 '. After the loop, it shows the lists t and T .

The monitors on the right show the following values:

- h : 1
- T_0 : 8.527392
- k : 0.008
- T_{frigo} : 7
- T :
 - 214: 10.072...
 - 215: 10.047...
 - 216: 10.023...
 - 217: 9.9989...
 - 218: 9.9749...
 - 219: 9.9511...
- $+ \text{longueur} = 300$
- t_0 : 300
- dT : 0.012318

The lists t and T are shown with values from 214 to 219. The list t has values 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219. The list T has values 10.072..., 10.047..., 10.023..., 9.9989..., 9.9749..., 9.9511....

CHOIX DU PAS

- Assez petit pour la précision des approximations
- Pas trop petit pour la tolérance de machine
- A titre d'exemple, voici l'erreur maximale en fonction du pas :

h	5	1	0,5	0,1
Max(erreur) en %	0,011	0,002	0,001	0,00006

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

APPLICATION N°2

LA VITESSE DE CHUTE D'UN PARACHUTE



LA VITESSE DE CHUTE D'UN PARACHUTE

Lors d'un saut en parachute, plusieurs forces s'appliquent sur le parachutiste. Cela entraîne une variation de la vitesse de chute.

- Comment évolue la vitesse de chute ?
- Quand ouvrir le parachute pour atterrir à une vitesse raisonnable ?

CONCEPTS PHYSIQUES

- Plusieurs forces en jeu :

- Les frottements de l'air sur la toile

Deux modèles :

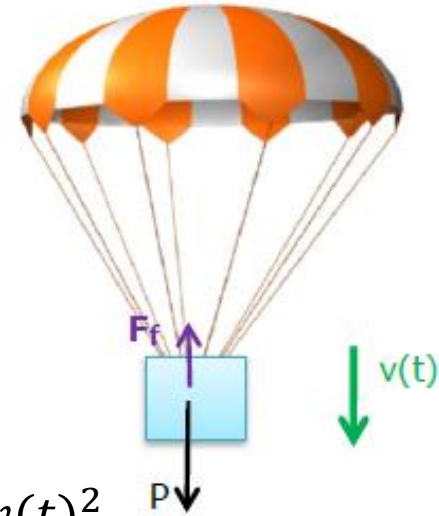
1. Ouverture instantanée : $F_f(t) = 0,5 C_x \rho S v(t)^2$

2. Ouverture linéaire sur $[0, T]$:

$$F_f(t) = 0,5 C_x \rho S \frac{t}{T} v(t)^2$$

- Le poids du parachutiste : $P = mg$

- Loi de Newton : $P - F_f = m a(t)$



MISE EN EQUATION

- Notons $v(t)$ la vitesse du parachutiste à l'instant t
- Lien accélération/vitesse : $a(t) = v'(t)$
- **Modèle 1** : Ouverture instantanée

$$v'(t) = g - \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S v(t)^2$$

- **Modèle 2** : Ouverture linéaire

$$v'(t) = g - \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S \frac{t}{T} v(t)^2$$

MODELE 1 : SOLUTION ANALYTIQUE

La résolution analytique (se voit en fin de B1) et mène à

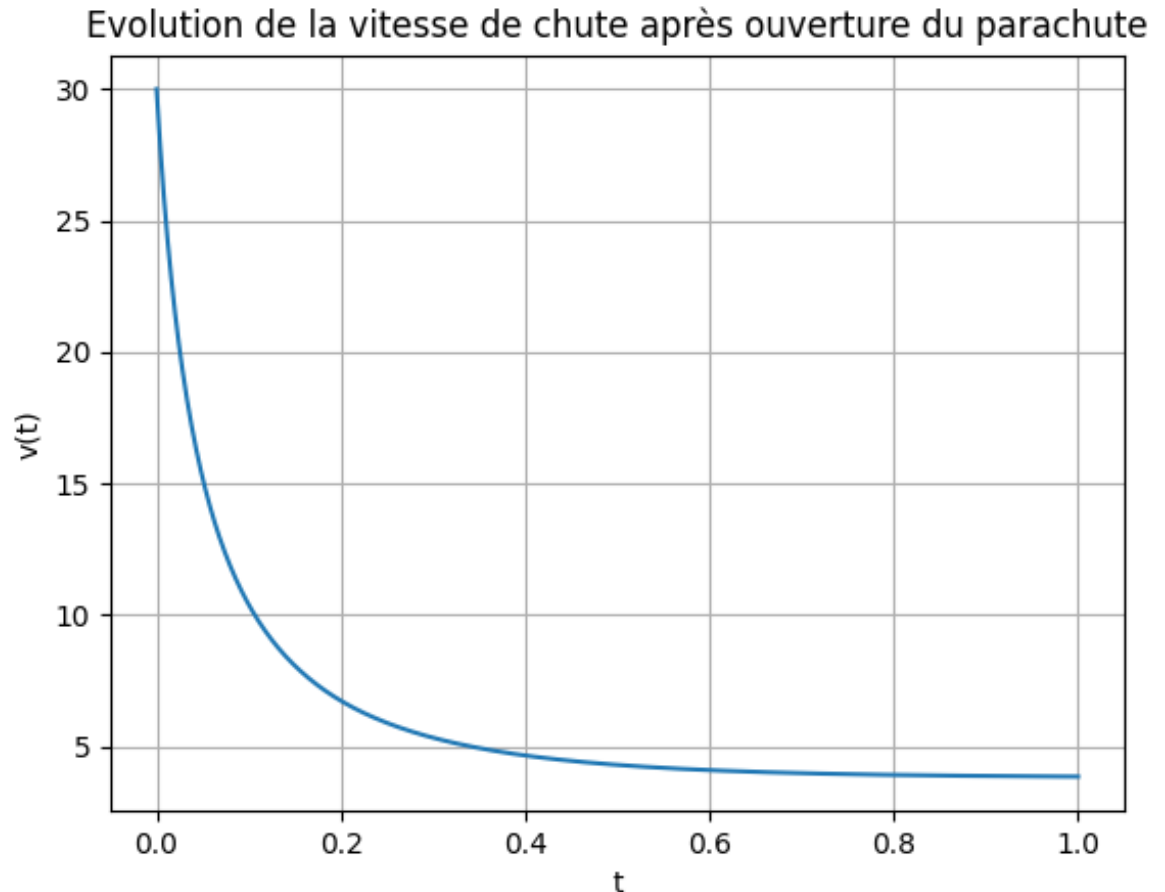
$$v(t) = \sqrt{\frac{B}{A}} \frac{K \exp(2t\sqrt{AB}) - 1}{K \exp(2t\sqrt{AB}) + 1}$$

avec $A = \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S$, $B = g$ et K qui dépend de la vitesse $v(0)$ au moment de l'ouverture du parachute

MODELE 1 : GRAPHIQUE

Pour

- $\rho = 1,22$
- $g = 9,81$
- $m = 95$
- $S = 70$
- $C_x = 1,5$
- $v(0) = 30$



PROBLEME : décélération mortelle ($\sim 20g$) → modèle invalide

MODELE 2 : SOLUTION NUMERIQUE

- L'équation en cas d'ouverture linéaire sur $[0, T]$

$$v'(t) = g - \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S \frac{t}{T} v(t)^2$$

est une équation différentielle plus difficile à résoudre analytiquement

- Sa résolution numérique donne lieu à

$$1) v(h) = v(0) + h v'(0)$$

$$= v(0) + h \left(g - \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S \frac{0}{T} v(0)^2 \right)$$

$$2) v(2h) = v(h) + h \left(g - \frac{1}{m} 0,5 C_x \rho S \frac{h}{T} v(h)^2 \right)$$

...

MODELE 2 : AVEC EXCEL

Approximation de la fonction $v(t)$:

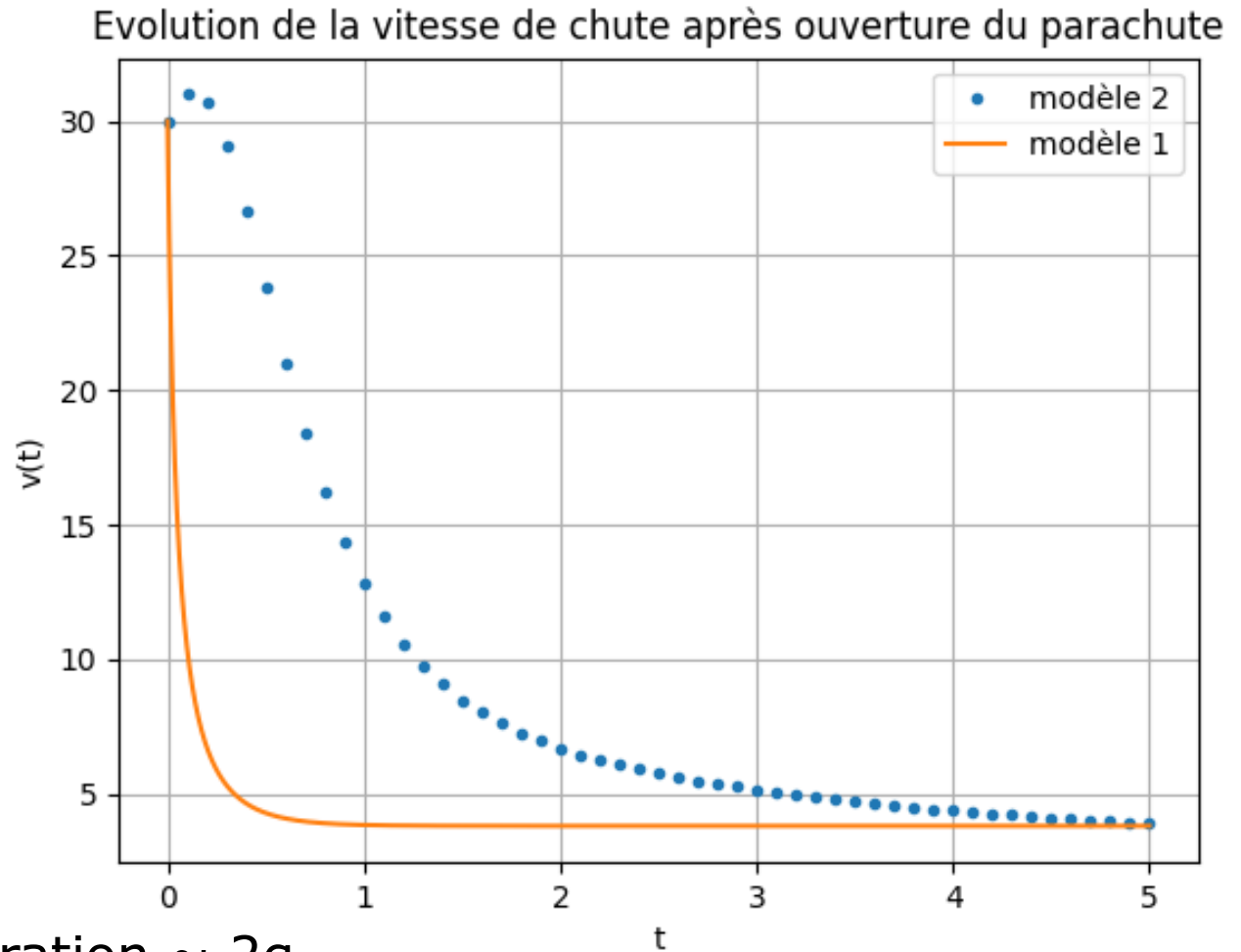
F10		=E10+\$B8*(\$B2-1/\$B3*0,5*\$B5*\$B1*\$B4*E9/\$B7*E10^2)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	rho	1,22													
2	g	9,81													
3	m	95													
4	S	70													
5	C	1,5													
6	v0	30													
7	T	5													
8	h	0,1													
9	t	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	
10	v	30	30,98	30,67	29,11	26,66	23,81	20,97	18,39	16,18	14,34	12,82	11,59	10,58	
11															

MODELE 2 : GRAPHIQUE

Pour

- $\rho = 1,22$
- $g = 9,81$
- $m = 95$
- $S = 70$
- $C_x = 1,5$
- $v(0) = 30$
- $T = 5$

Décélération $\sim 2g$



MODELE 2 : AVEC PYTHON

```
Parachute en python.py × Refroidissement en python.py ×  
1 # Méthode d'Euler pour la vitesse d'un parachutiste  
2 rho=1.22  
3 g=9.81  
4 m=95  
5 C=1.5  
6 S=70  
7 T=5  
8 v0=30  
9 h=0.1  
10 import numpy as np  
11 t=np.arange(0,5+h,h)  
12 V=30  
13 for i in t:  
14     print(i,V)  
15     V=V+h*(g-1/m*0.5*C*rho*S*i/T*V**2)
```

```
Shell ×  
  
>>> %Run 'Parachute en python.py'  
0.0 30  
0.1 30.981  
0.2 30.667755321641053  
0.30000000000000004 29.112345072597762  
0.4 26.66486870763908  
0.5 23.810877124844968  
0.6000000000000001 20.96938748920723
```

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

*Et si le calcul numérique redonnait du
sens aux notions de dérivées et
d'intégrales ?*

POUR CONCLURE



LES +

- + Donne des exemples d'utilité concrète des dérivées
- + Adaptable aux intérêts des élèves : électricité, mécanique des fluides, physique nucléaire, finances, sports, ...
- + Aide à comprendre les définitions
- + Donne du sens aux calculs
- + Renforce les compétences du programme de FMTTN

LES -

- Demande un investissement en temps (de préparation et en classe)
- Demande de pouvoir placer les élèves devant un ordinateur

INTÉRESSÉS ?

Je peux

- Fournir les fichiers excel, python ou scratch pour vous lancer
- Intervenir ponctuellement dans vos classes

N'hésitez pas à demander !

christel.ruwet@hepl.be

51^e congrès de la SBPMef – Liège – Aout 2026

MERCI

*Et si le calcul numérique
redonnait du sens aux notions
de dérivées et d'intégrales ?*

CHRISTEL RUWET (HEPL)

Des questions ?

