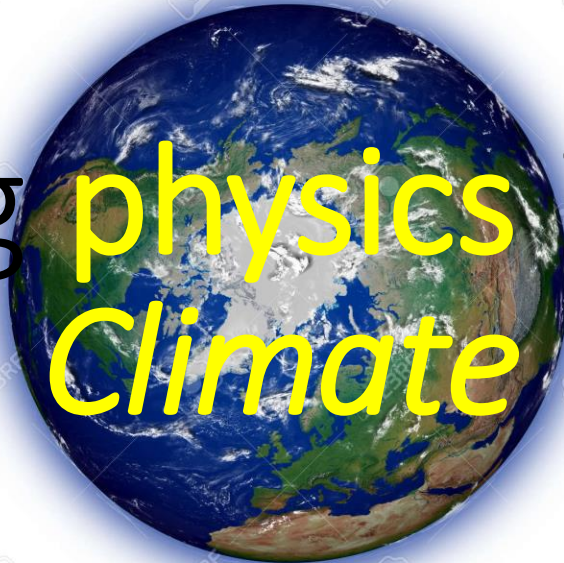


Physics and Sustainability at School

Teaching physics in the context of *Climate*



Peter Kreuzer

secondary school teacher in *Geneva* and scientific collaborator at the
Institute of Teacher Training



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

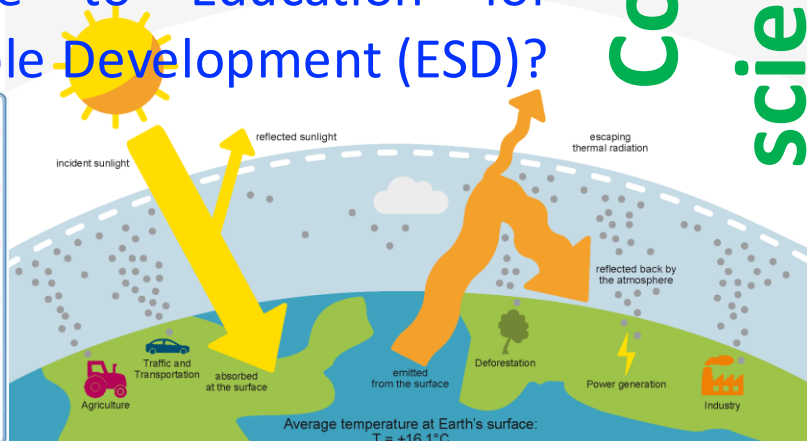
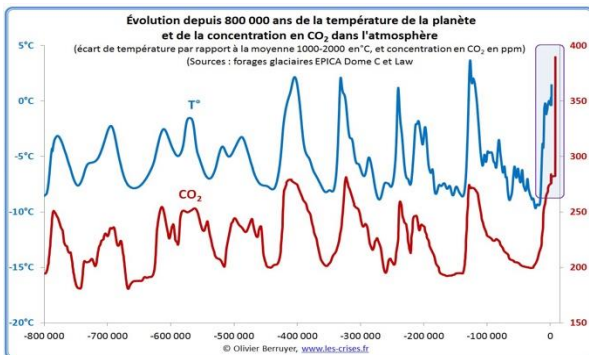
SPS Zürich, Sep 13, 2024

Physics education and communication session

Main issues addressed here

- Young people receive a vast amount of information about Earth's climate problems through media outlets
- How can we teach them to critically sort through this information
- How can science education contribute to Education for Sustainable Development (ESD)?

- Learning in mathematics and natural sciences lacks popularity among young people
- How can teaching science in the context of climate contribute to increasing motivation for scientific learning at secondary school?



The course

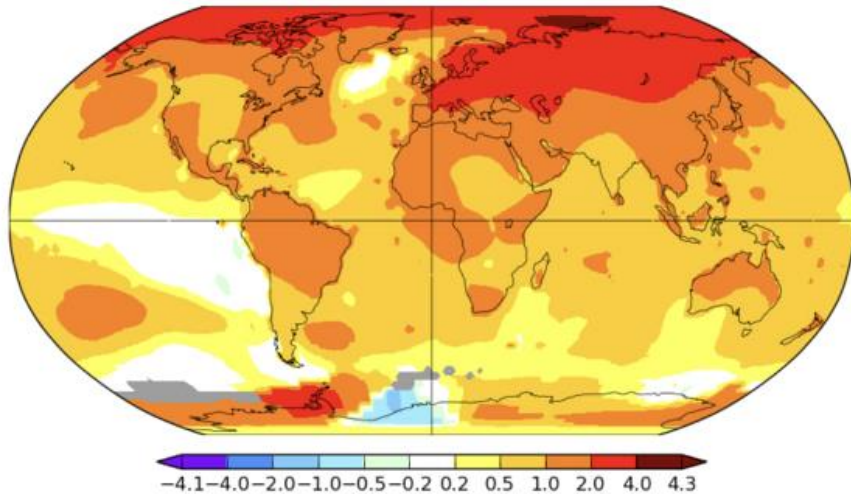
*Secondary school class
12 girls / 5 boys (16y old)*

CECG Madame de Staël Température, Chaleur, Climat de la Terre

2023-24

Température et Chaleur vues sous l'angle du Climat de la Terre

Annual D-N 2019-2022 L-OTI (°C) Anomaly vs 1951-1980 0.94



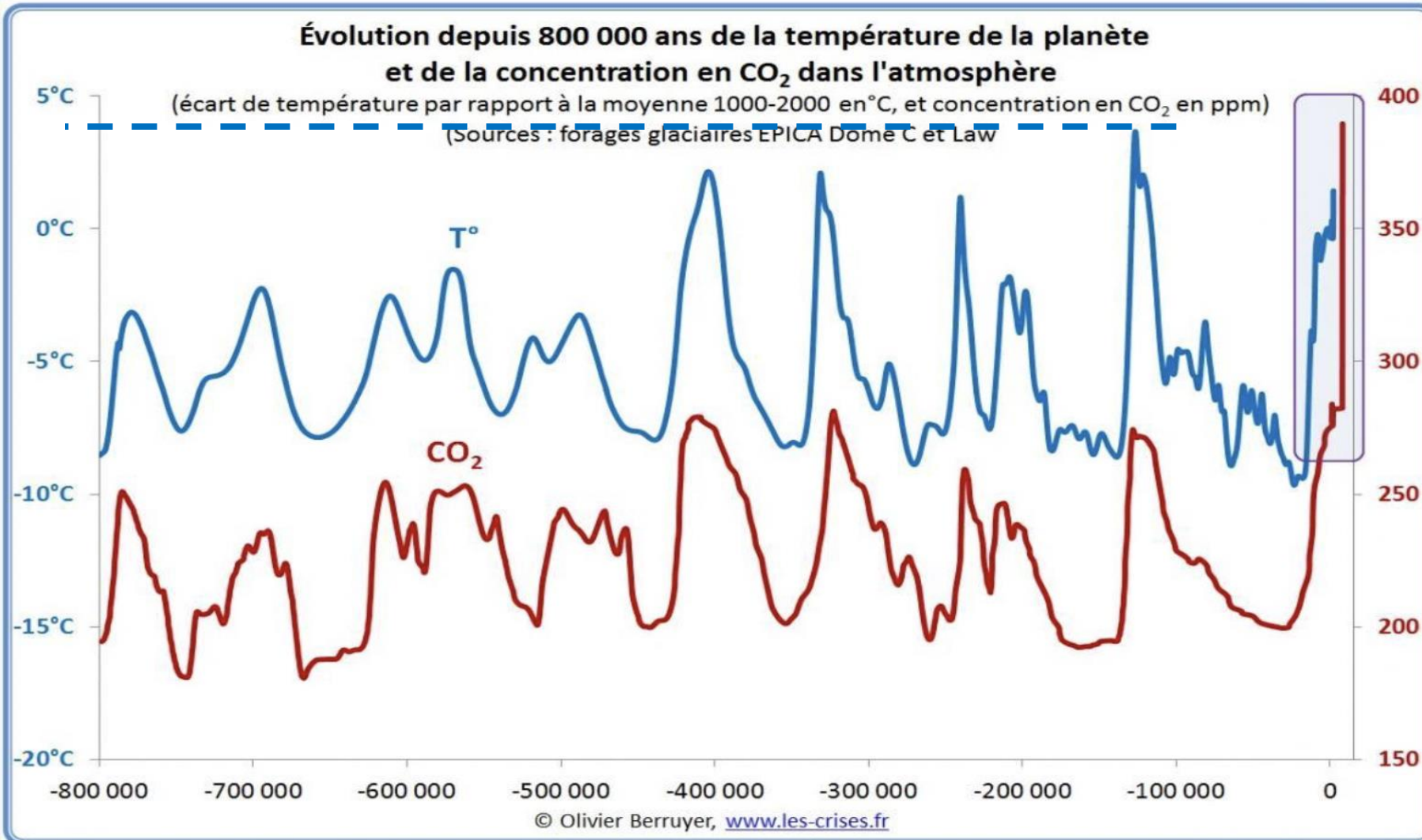
Déviatiion de la température en 2019-22 par rapport à la température moyenne de 1951-1980. © N.A.S.A. Site Earth Observatory.

6 sequences of 3-4 lessons each:

- Temperature
- Thermal energy
- Heat propagation and thermal expansion
- Measurable quantities: energy density and efficiency, power
- Ideal gases
- Calorimetry, thermal balance

Course example I: Temperatures scales

- Celsius, Fahrenheit, Kelvin



Key concepts:

→ correlation between two physical quantities

→ temperature scales

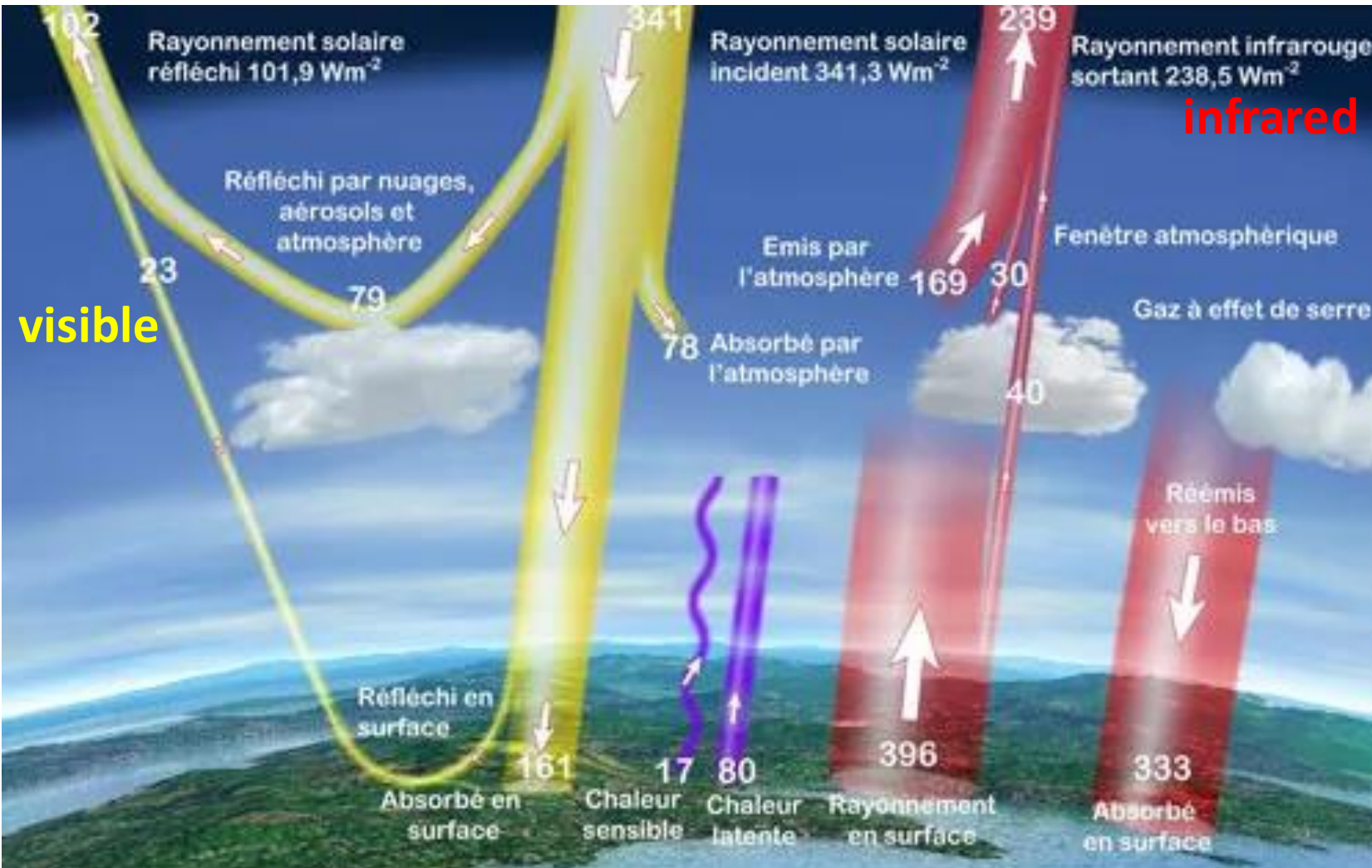
Q1: what is the highest temperature deviation?
⇒ +4°C

Q2: does that difference change in *Kelvin*?

No, temp. differences in °C and Kelvin are equal

Course example II: Thermal Energy Balance

- Heat propagation, radiation, greenhouse effect



Key concepts:

- incoming/outgoing radiation
- Absorption, albedo, temperature gradient

Q1: in/out energy balance?

$$341 - 102 - 239 = 0 \text{ W/m}^2$$

Q2: diff. between heat radiated at surface and high-atmosphere?
? $396 - 239 = 157 \text{ W/m}^2$

- Radiative forcing
- Greenhouse effect

Course example III: Electricity consumption

Example of Exam Questions:

a) What was the Energy consumption per person in CH in 2022, in units of KWh?

answer: 24'107 kWh

b) What is the average electrical power per person in CH, in units of kW?

answer: 0.743 kW

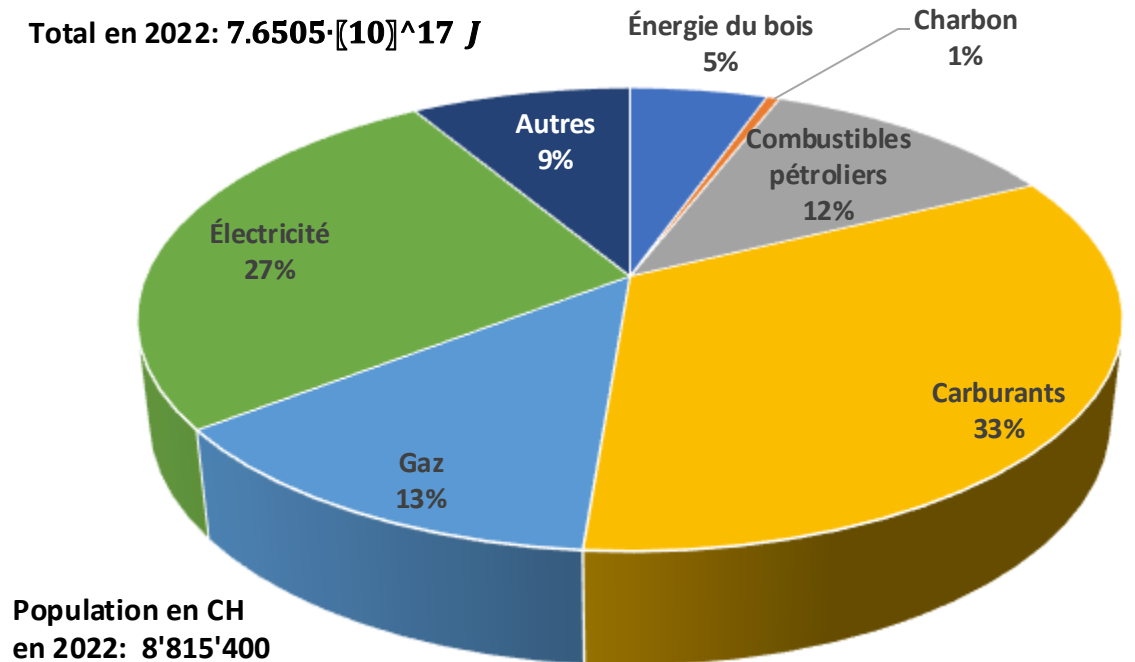
c) How many light bulbs does (b) represent?

answer: ~12 light bulbs

d) Same question as (c) but only for renewable energies?

answer: ~4 light bulbs

Consommation finale d'énergie en Suisse en 2022
par agent énergétique



Student motivation study

- PRE-test at the beginning of the semester
 - students did not know the teacher beforehand
 - students had a physics course the year before
- POST-test at the end of the semester

1 = *full disagreement* to
6 = *in full agreement*.

Link to reality
authenticity

| | | | pas d' accord du tout | pas d' accord | plutôt pas d' accord | plutôt d' accord | d' accord | tout à fait d' accord |
|------|-----|---|-----------------------|---------------|----------------------|------------------|-----------|-----------------------|
| RA13 | 13. | Les exercices des dernières heures du cours de M2.PY.DF sont utiles pour des choses auxquelles je suis confronté(e) en dehors de l'école. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA16 | 16. | Ce que nous avons appris lors des dernières heures de M2.PY.DF est utile pour la vie quotidienne. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA2 | 2. | Les exercices que nous avons faits lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF sont utiles dans la vie quotidienne. | ④ | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA21 | 21. | Les dernières heures du cours de M2.PY.DF ont traité de choses de la vie quotidienne. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA24 | 24. | Les thèmes (les sujets) des dernières heures du cours de M2.PY.DF sont utiles pour des choses auxquelles je suis confronté(e) en dehors de l'école. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA26 | 26. | Les exercices que nous avons faits pendant les dernières heures du cours de M2.PY.DF sont utiles pour la vie quotidienne. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| RA7 | 7. | Les exercices que nous avons faits lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF se réfèrent à la vie quotidienne. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk1 | 1. | Les dernières heures du cours de M2.PY.DF m'ont plu. . | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk11 | 11. | Je suis toujours parvenu(e) à résoudre les exercices des dernières heures du cours de M2.PY.DF. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk12 | 12. | J'attendais toujours avec impatience le cours de M2.PY.DF | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk14 | 14. | J'étais concentré(e) lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk18 | 18. | Les exercices des dernières heures du cours de M2.PY.DF m'ont permis de mieux comprendre le sujet traité. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk22 | 22. | Je pense que mes camarades de classe ont trouvé que j'étais fort(e) lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk3 | 3. | Le sujet des dernières heures du cours M2.PY.DF était compréhensible. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk5 | 5. | Mes résultats lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF étaient satisfaisants pour moi. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk6 | 6. | J'ai participé activement aux dernières heures du cours de M2.PY.DF | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| Sk8 | 8. | Je m'attends à ce que mes résultats dans les cours de M2.PY.DF soient bons à l'avenir. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |

The exercises we did during the last few hours of the physics class are useful for daily life.

The topic of the last hours of the physics class was understandable.



| | | | pas d' accord du tout | pas d' accord | plutôt pas d' accord | plutôt d' accord | d' accord | tout à fait d' accord |
|------|-----|---|-----------------------|---------------|----------------------|------------------|-----------|-----------------------|
| IE15 | 15. | J'ai investi plus d'effort lors des dernières heures du cours de M2.PY.DF que dans les autres matières. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE17 | 17. | Résoudre un problème dans le cours de M2.PY.DF m'a bien plu. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE19 | 19. | J'ai souvent parlé des dernières heures du cours de M2.PY.DF avec mes amis ou en famille | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE20 | 20. | M2.PY.DF est ma matière préférée. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE23 | 23. | Les dernières heures du cours de M2.PY.DF m'ont plu. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE25 | 25. | Quand j'essaie de résoudre un problème de M2.PY.DF il m'arrive de ne pas sentir le temps passer. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE4 | 4. | À la maison, je fais des recherches dans des livres, sur le web, etc. pour en savoir plus sur le thème des dernières heures du cours de M2.PY.DF. | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE9 | 9. | Dans mon temps libre je consacre du temps, en plus des devoirs, aux thèmes abordés dans les dernières heures du cours de M2.PY.DF | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| IE10 | 10. | Les thèmes (le contenu) des dernières heures du cours de M2.PY.DF sont utiles pour la vie quotidienne | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |

Interest
commitment

I enjoyed the last hours of the physics class

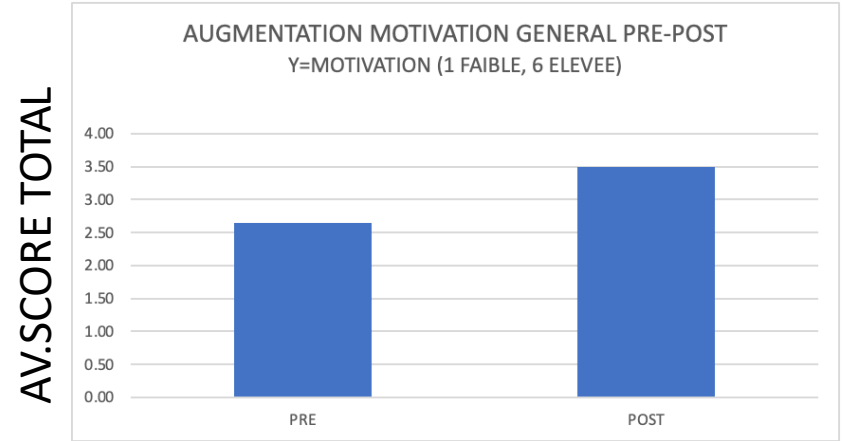
Evaluation of PRE / POST tests



- Average score per student:

2.0 < *AV.SCORE* < **3.0** for PRE-test

3.0 < *AV.SCORE* < **4.0** for POST-test



- Cohen d* effect size:

0.70

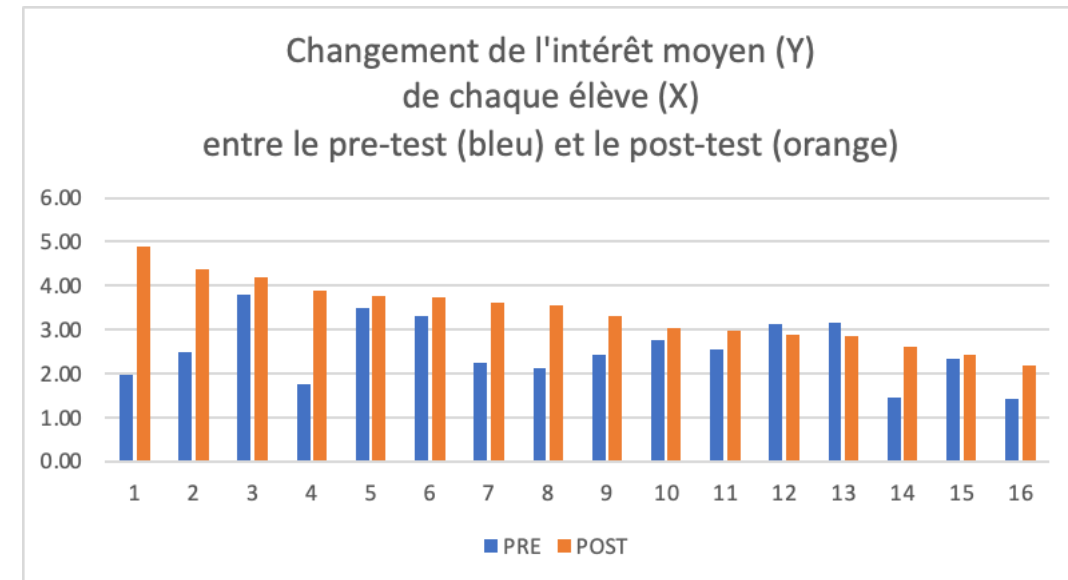
- Item-test correlation:

0.53 – 0.55

- Reliability:

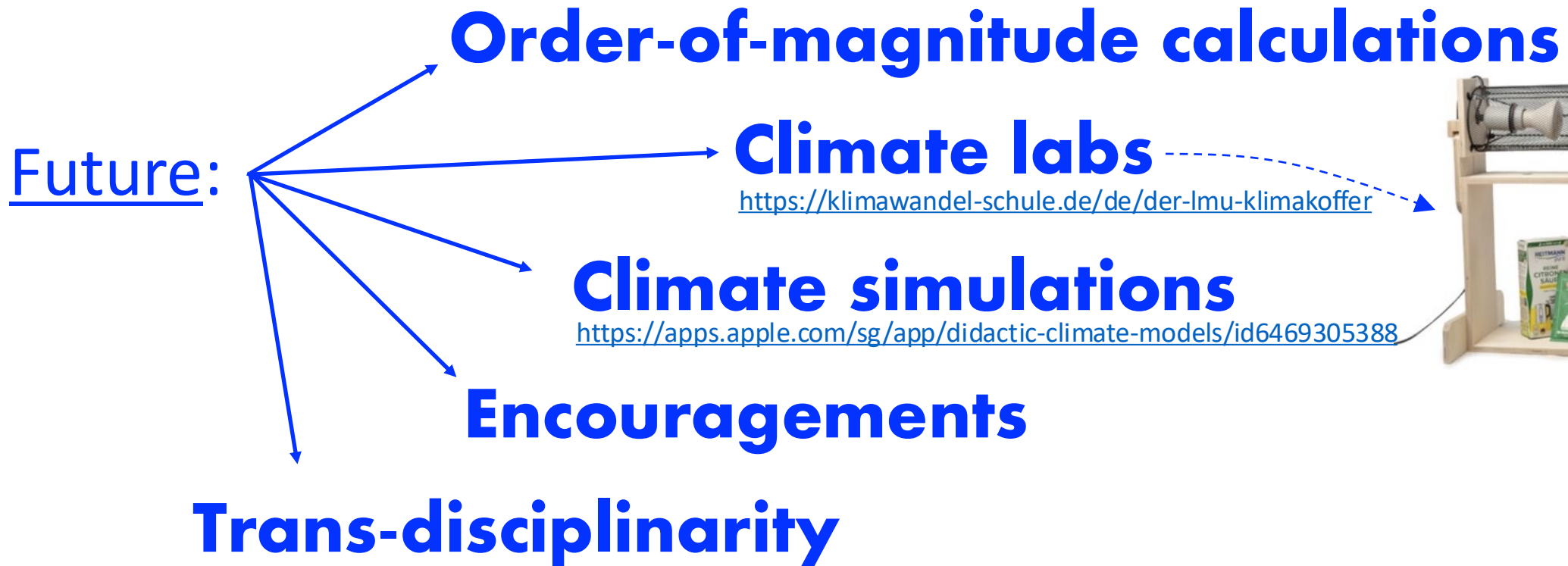
$$\alpha_{PRE} = \mathbf{0.91}$$

$$\alpha_{POST} = \mathbf{0.91}$$



Evolution of the course

Present: —→ A first experience showed the didactical potential of teaching physics in the context of climate



Exemple of OoM calculation: the sea level rise

1.1) Expansion due to melting of Ice Surface

Force equilibrium:

$$\rho_{ice} \cdot V \cdot g = \rho_{water1} \cdot V_{immersed} \cdot g$$

\Leftrightarrow

$$V_{immersed} = \left(\frac{\rho_{ice} \cdot V}{\rho_{water1}} \right)$$

Mass conservation:

$$\rho_{ice} \cdot V = \rho_{water2} \cdot V_{melted\ ice}$$

\Leftrightarrow

$$V_{melted\ ice} = \left(\frac{\rho_{ice} \cdot V}{\rho_{water2}} \right)$$



- If $\rho_{water1} = \rho_{water2}$
 $\Leftrightarrow \Delta V = V_{immersed} - V_{melted\ ice} = 0$

- If $\rho_{water1} = 1025 \frac{kg}{m^3}$ $\rho_{water2} = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$$\Leftrightarrow \Delta V = V_{immersed} - V_{melted\ ice} = 1'163.5 \text{ km}^3$$

$$\Leftrightarrow \Delta h_1 = \frac{\Delta V}{S_{océan}} \sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Leftrightarrow \Delta h_2 = \frac{V_{glace}}{S_{océan}} \sim 80 \text{ m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta h_3}{\Delta T} = \frac{\gamma_{eau} \cdot S_{océan} \cdot h_{Therm}}{S_{océan} \cdot \Delta T} \sim 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}/^\circ\text{C}$$

| | Physical Quantity / value | Source |
|--|--|--------|
| Arctic Sea Ice Surface | $9.5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ | |
| Antarctic Sea Ice Surface | $10 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ | |
| Total Sea Ice Surface | $S_{banq} = 19.5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ | [1] |
| Sea Ice Depth | $h_{banq} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ km}$ | [1] |
| Greenland Ice Sheet Volume | $2.85 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ | |
| Antarctic Ice Sheet Volume | $24.7 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ | |
| Glacier Volume | $0.9 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ | |
| Total Ice Sheet + Glacier Volume | $V_{glace} = 28.45 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ | [1] |
| Total Ocean Surface | $S_{océan} = 357 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ | [2] |
| Average Ocean Depth | $h_{océan} = 3.8 \text{ km}$ | [3] |
| Ocean Thermocline | $h_{Therm} = 0.1 \text{ km}$ | [4] |
| Thermal Expansion Coefficient of Water | $\gamma_{eau} = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ | [4] |
| Density of Saltwater | $\rho_{océan} = 1030 \text{ kg}/\text{m}^3$ | [5] |
| Density of Freshwater | $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ | [5] |
| Density of Ice | $\rho_{glace} = 917 \text{ kg}/\text{m}^3$ | [5] |

Sources:

- [1]: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/global-cryosphere/future-cryosphere-impacts-of-global-warming/EC9F774EAFFC14FFD31D42A9993D69F6>
- [2]: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/ocean>
- [3]: <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mbg6/oceano/oceano.htm>
- [4]: <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/monte-e-mer.xml>
- [5]: <https://lesfluides8sciences.weebly.com/leau.html>