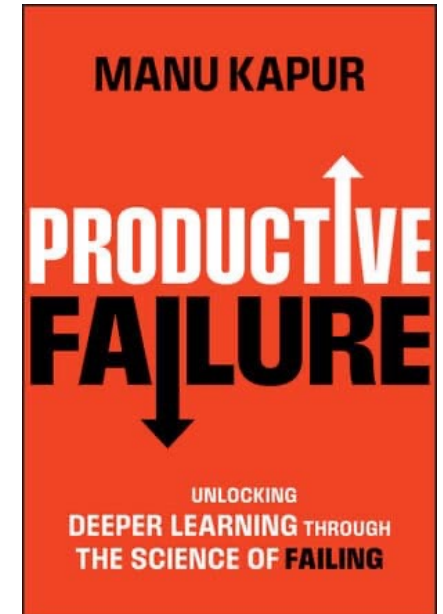


ME 5 – procédure & organisation

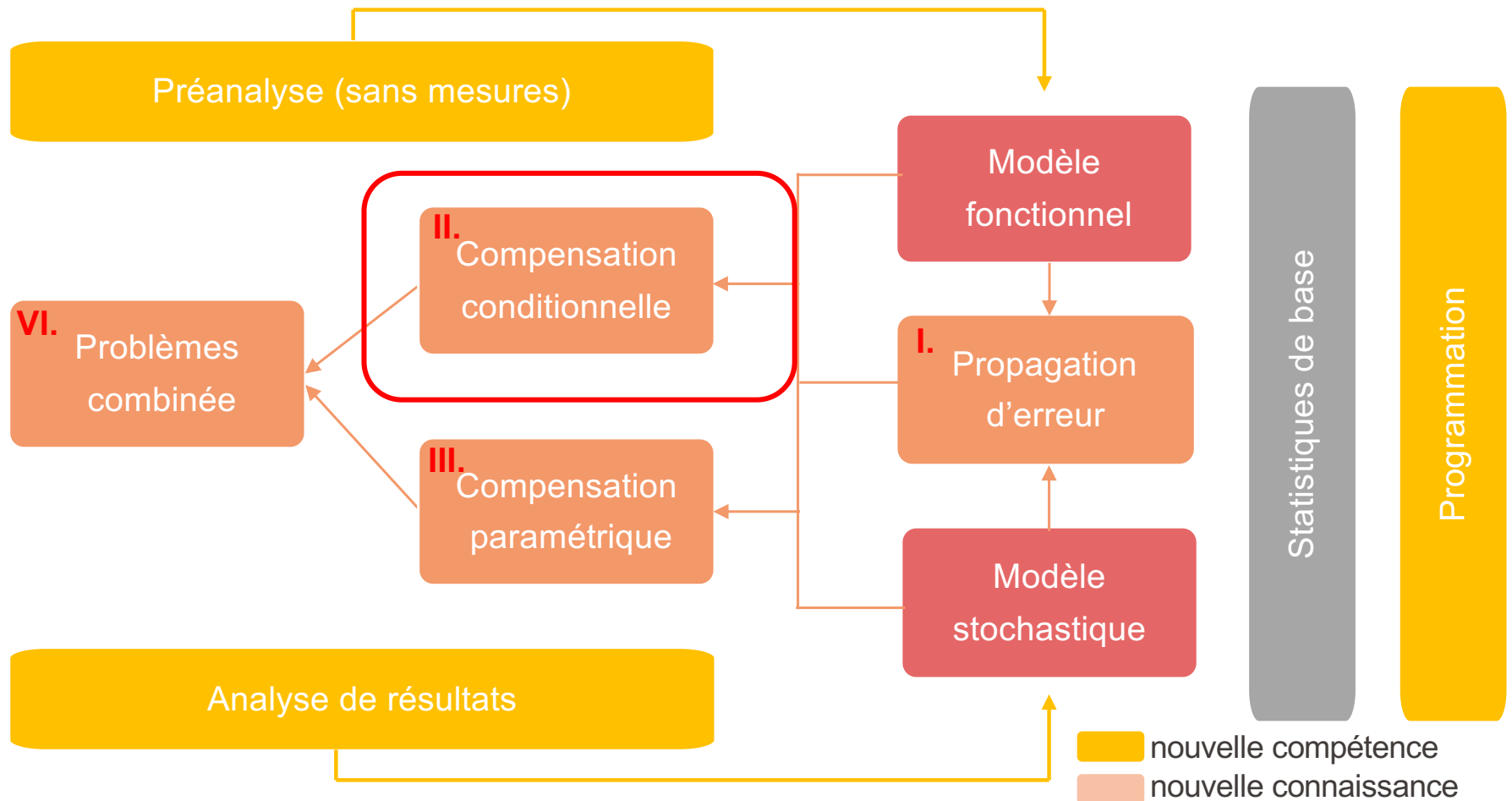
- Mardi 8 octobre – contrôle continue I. / III.
 - Svp: annoncer votre participation sur Moodle < lundi, midi
 - Sujet: Ch. 1 + 2 avec l'évaluation autonome
 - Et si cela peut paraître difficile ?
- Jeudi 10 octobre
 - (08h15) La *motivation* de la compensation
 - (09h15) Exo 5 = 2.6.2 Gaz parfait en 5 états
 - (10h15) ME « in-depth » questions par – CAPE/Valentina

parce que .. $\hat{\sigma}_x^2 = \frac{\hat{\mathbf{v}}_x^T \hat{\mathbf{v}}_x}{n-1}$



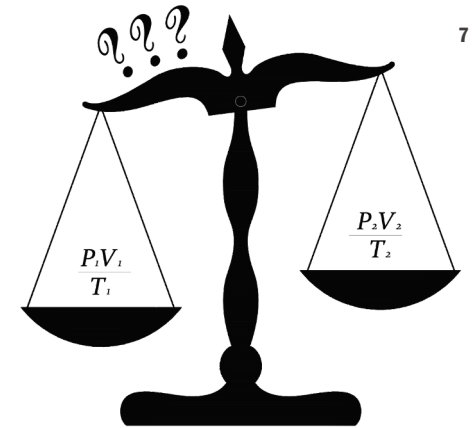
ME Cockpit de de matières et de compétences

- Comment réussir à observer et estimer avec confiance?



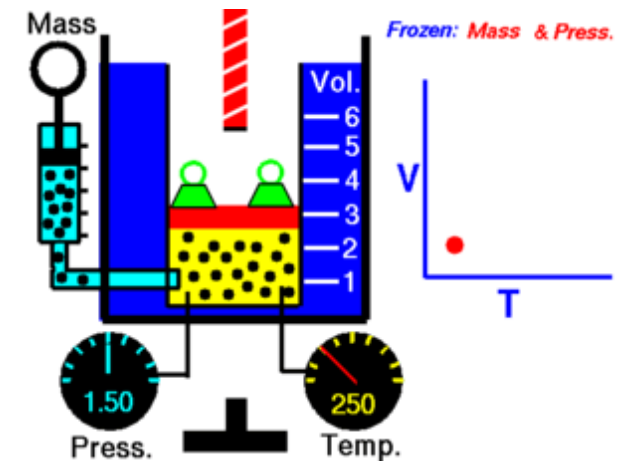
Pourquoi compenser ?

- Example (Exo 5 et Exo 6): mesurer la volume d'un récipient
- Mesure direct – $V_1, V_2, \dots V_n$
- Mesure indirect – $P_1, T_1, P_2, T_2, \dots P_n, T_n$



■ *compenser les erreurs de mesure tout en respectant les lois*

- d'Avogadro: $V_n = \text{cste universelle de}(P_n, V_n)$
- de Charles: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ à pression constant
- de Gay-Lussac: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ à volume constant



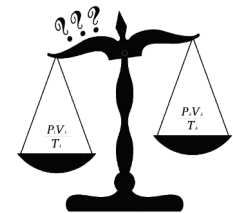
Pourquoi compenser ?



■ But: compenser les erreurs de mesure tout en respectant les lois ...

■ les principes sont très similaires si vous voulez :

- trouver la *loi* (par exemple, déterminer la constante de Gaz)
- trouver une nouvelle *planète* (Gauss → Ceres)
- utiliser les moyens économiques pour atteindre un objectif (Google → Ceres *optimisation SW*)



ME 5-1 : Introduction à la compensation

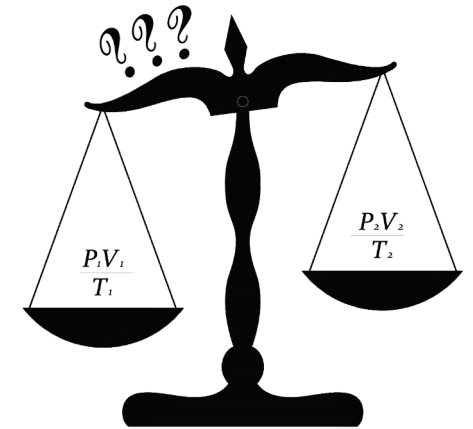
- Pourquoi compenser? *polycopié, page viii*
 - *Optimiser* les mesures et les modèles
 - *Détecter* une faute
 - *Estimer* la précision
 - *Améliorer* les résultats

Ensemble (pour observations) :
« **ODE An die Freude** » (*ode à la joie*)..



- Comment compenser?
 - **9** semaines pour apprendre!
 - Méthode *conditionnelle*
 - La plus intuitive
 - "On lie les mesures ℓ sans artifices (paramètres, $\mathbf{x}$).
 - Méthode *paramétrique*
 - La plus commune
 - "On mesure ℓ pour déterminer paramètres ($\mathbf{x}$)
 - Combinaisons, extension

Exemple - la volume d'un récipient

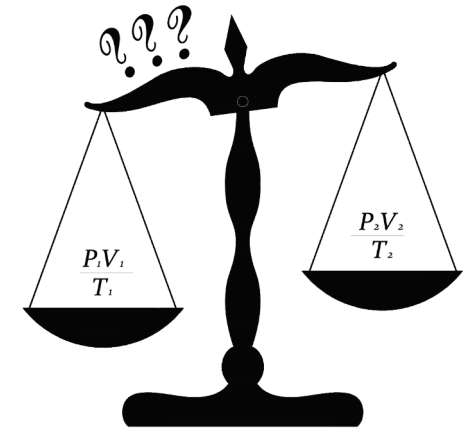


1. Mesure direct – $V_1, V_2, \dots V_n$
2. Mesure indirect – $P_1, T_1, P_2, T_2 \dots P_n, T_n$



- *Compenser les erreurs de mesure tout en respectant les lois ... comment?*
 - Exo 5: avec ce que nous savons aujourd'hui !
 - Exo 6: avec ce que *nous saurons la semaine prochaine*!

Exo 5 - la volume d'un récipient gaz dans deux états



1. Mesure direct V_D, σ_{V_D}

2. Mesure indirect

- quantités liées $P_i, T_i, \sigma_{P_i}, \sigma_{T_i} \quad i = 1, 2$

- appliquer la liaison $\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$

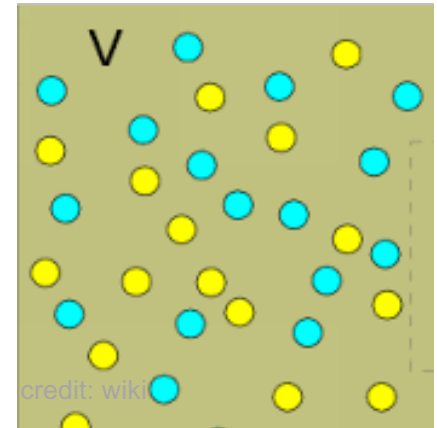
- $\rightarrow$ calculer $V_I = \frac{P_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{T_2 \cdot P_1} = f(P_1, T_1, V_2, T_2)$

$$\sigma_{V_I}^2 = \mathbf{F} \cdot \mathbf{K}_{\ell\ell} \cdot \mathbf{F}^T$$

3. Moyenne pondérée

$$\hat{V} = \frac{p_D \cdot V_D + p_I \cdot V_I}{p_D + p_I} \quad p_D = 1/\sigma_{V_D}^2 \quad p_I = 1/\sigma_{V_I}^2$$

- Moyenne pondérée
 - Demarche selon polycopié 2.6.2 *pages 39-42/2023*
 - Mesure directe de V_1
 - Mesure indirecte de V_1 via l'équation du gaz parfait
 - Poids via la propagation de variance
- Appliquer aux états 1 et 2
 - Lire et remplir les lacunes dans le code de base
 - Mécaniser la construction de $\mathbf{F}$ et $\mathbf{K}_{\ell\ell}$
 - Interpréter les résultats
- Ajouter les états 3 à 5
 - Localiser des fautes éventuelles
 - Interpréter les résultats et proposer améliorations



ME 5-3 : Compenser sans le savoir ...

- Exemple
 - Triangle avec des angles de précision égale
 - Réflexion en dyade
- Solution connue
 - Propagation de variance
 - Pondération de mesures directe et indirecte
 - Répartition de l'écart de fermeture
- Mieux poser le problème
 - Modèle fonctionnel
 - Modèle stochastique
 - Surdétermination

