

Premortem — la réalisation de l'expérience (TIPE résonance)

pour Thylane Sérié · Sarah Plotkine · Louna Bouflim — Lycée Saint Louis

5 juin 2026

1 Avant de commencer : voilà ce qui va casser, et comment l'éviter

À qui ça parle. À Thylane, Sarah et Louna, qui ont déjà perdu une manche (le cerveau 3D en gélatine qui s'est « cassé la figure », voir [JOURNAL-MANIP.md](#)). Ce document ne raconte pas ce qui *pourrait* aller bien. Il fait l'inverse : il se place le jour de votre présentation, l'expérience ratée, et il remonte le film pour trouver *exactement* pourquoi — pendant qu'il est encore temps de l'empêcher.

Méthode : premortem (Gary Klein). On imagine l'échec comme déjà arrivé. Le cerveau trouve 30 % de raisons en plus quand il croit que c'est *déjà* foutu que quand il se demande poliment « et si... ». Statut : brouillon réappropriable (DNA-a) — c'est *votre* manip, on éclaire les pièges, on ne la fait pas à votre place.

Entrées : [EXPERIENCE-FAISABLE-paper.md](#), [EXPERIENCE-FAISABLE.md](#), [JOURNAL-MANIP.md](#).

1.1 La scène : le jour J, et ça a raté

On est le matin de la présentation guidée. La diapo 7 devait montrer votre courbe : la déformation du gel qui monte avec l'accélération de rotation, et qui reste plate en translation. À l'écran, il y a un nuage de points sans forme. Le jury demande : « cette courbe, elle est mesurée ou théorique ? » Et là, personne ne sait quoi répondre, parce que la moitié des points viennent d'un capteur qui s'est planté et l'autre moitié d'un gel coulé à la dernière minute. Voici le post-mortem — écrit comme si tout ça était déjà arrivé.

Le piège du premier essai était simple : vous avez construit avant de mesurer. Le nouveau plan corrige ça. Mais il ouvre trois nouveaux pièges, plus discrets, parce qu'ils ne se voient pas quand on lit le protocole — ils ne se voient que le soir où on dépouille les données. Ce sont ceux-là qu'il faut tuer maintenant.

1.2 1. Registre des défaillances (les façons concrètes de rater)

Deux axes indépendants : à quel point c'est probable, et à quel point c'est grave si ça arrive. *La plus probable et la plus grave ne sont presque jamais la même* — c'est tout l'intérêt de les séparer.

#	Ce qui casse	Famille	Probable?	Grave?
D1	Le gel n'est pas prêt : gélatine pas prise (overnight raté), ou agarose mal dosé → trop mou (s'effondre) ou trop dur	technique	haute	haute
D2	Personne ne l'a coulé : à 3, chacun croit que l'autre s'en occupe → la veille au soir, pas de gel	humaine	moyenne-haute	haute
D3	La courbe rotation = un nuage : pivot bricolé (tabouret, clou), arrêt « contre une butée » jamais deux fois pareil → les 5-6 points partent dans tous les sens	technique	haute	haute
D4	Phyphox rate le choc : le gyroscope du téléphone <i>sature</i> ou <i>échantillonne trop lentement</i> l'arrêt brutal → l'axe X ($\dot{\omega}$) est du bruit	technique	moyenne-haute	haute
D5	Vidéo et Phyphox pas synchro : impossible d'apparier le $\dot{\omega}$ (téléphone) avec le γ (vidéo) — deux horloges différentes	technique	moyenne	haute
D6	Marqueurs introuvables à l'image : gel translucide + reflets + fond chargé → Tracker ne voit pas les croix → pas de γ	technique	haute	moyenne-haute
D7	μ faux (Stokes) : tube trop court → vitesse limite jamais atteinte, ou $Re > 1$ → la loi de Stokes ment	technique	moyenne	moyenne
D8	Température oubliée : μ de la glycérine chute de moitié pour +5 °C → points dispersés sans raison apparente	technique	moyenne	faible-moyenne
D9	Trop de matière, pas assez de séances : 3 matériaux × plusieurs manip → on en finit zéro proprement	humaine / temporelle	haute	haute

suite page suivante...

#	Ce qui casse	Famille	Probable?	Grave?
D10	Accès labo/frigo limité (prépa Saint Louis) : pas de créneau libre, pas le droit de laisser le gel au frigo, slow-mo pas dispo	externe	moyenne	moyenne-haute
D11	« Sévérité » non comparable : le jury objecte que comparer une translation (en g) et une rotation (en rad/s^2) c'est comparer des choux et des carottes	externe (jury)	moyenne	moyenne-haute
D12	Exploitation bloquée sur une personne : une seule sait faire Tracker/Python → elle est malade/débordée → les données dorment	humaine	moyenne	moyenne
D13	Gel qui colle ou se fissure : entre deux essais il reste déformé, les marqueurs ont bougé pour de bon → pas reproductible	technique	moyenne	moyenne
D14	Résultat trop beau, provenance indéfendable : une courbe nickel qu'on n'arrive pas à expliquer d'où elle sort → le jury flaire le « pas de vous » (catastrophe DNA-a)	épistémique	faible	haute

1.3 2. La défaillance la PLUS PROBABLE

1.3.1 D3 — « *La courbe de la diapo 7 est un nuage, pas une courbe* »

C'est celle qui va presque sûrement vous tomber dessus, parce que tout conspire pour elle.

Le film de l'échec, étape par étape :

1. Pour avoir une *courbe*, il faut faire varier une seule chose (l'accélération de rotation) et tout garder identique par ailleurs. Le geste « je lâche la boîte depuis un angle, elle tourne, elle tape contre une butée » fait l'inverse : à chaque essai, l'angle de départ change un peu, la main pousse un peu, la butée encaisse un peu différemment, le pivot frotte un peu plus. Quatre sources de hasard empilées.
2. Résultat : pour un même « réglage », le ω à l'impact varie de $\pm 40\%$. Et le γ aussi. Vos 5-6 points ne tracent pas une ligne qui monte — ils forment une tache.

3. Le soir du dépouillement, vous regardez le nuage et vous vous dites « bon, on relie quand même »... et c'est là que naît la tentation D14 (forcer une jolie courbe par-dessus le bruit).

Pourquoi c'est *probable* et pas juste possible : c'est le mode d'échec n°1 des manips de TIPE. Dès qu'on bricole le geste excitateur à la main, la dispersion mange le signal. La référence (l'« outside view ») est claire : *une manip impulsionnelle faite à la main n'est pas reproductible tant qu'on n'a pas mécanisé le geste*. Votre premier essai a déjà montré que « on verra bien en faisant » ne suffit pas.

L'antidote tient en un mot : mécaniser le lâcher. (Voir plan durci, point B.)

1.4 3. La défaillance la PLUS DANGEREUSE

1.4.1 D4 — « *Phyphox a transformé le choc en bouillie, et on ne l'a vu que trop tard* »

Moins probable que D3, mais bien plus dure à rattraper, parce qu'elle est invisible jusqu'à la dernière nuit et qu'elle frappe précisément l'argument qui fait toute la valeur de votre diapo 7 : « *nos données sont mesurées, pas inventées* ».

Le piège physique, en image. Le gyroscope d'un téléphone est fait pour mesurer comment vous tournez la main en jouant à un jeu : des mouvements lents, doux, qui durent des secondes. Votre arrêt brutal, lui, dure quelques millisecondes et tape fort. Deux choses peuvent casser :

- La saturation : le gyroscope a un plafond (souvent $\sim 2000^\circ/\text{s} \approx 35 \text{ rad/s}$). Si la boîte tourne plus vite que ça à l'impact, la courbe tape dans le plafond et s'aplatit — comme un thermomètre qui ne monte pas au-dessus de 42° . Le vrai pic, vous ne le verrez jamais.
- Le sous-échantillonnage : le capteur prend une mesure toutes les $\sim 5 \text{ ms}$ ($\approx 200 \text{ Hz}$). Si le choc dure 3 ms , il passe entre deux mesures : le capteur ne le voit presque pas. Et comme $\dot{\omega}$ (l'accélération angulaire) c'est la *pente* de la courbe de vitesse, dériver un signal sous-échantillonné, ça amplifie le bruit au lieu du signal.

Pourquoi c'est si dangereux : vous écrivez dans le doc « $\dot{\omega}$ mesuré rigoureusement ». Mais si le capteur sature ou rate le pic, l'axe X de votre courbe — *la chose même qui rend la courbe défendable* — n'est qu'un artefact. Et vous ne le découvrez que le soir du dépouillement, la veille de rendre, quand il n'y a plus de séance pour refaire. Pas de marche arrière. Le jury qui demande « mesurée ou théorique ? » touche exactement la plaie.

L'antidote : ne jamais dépendre d'un seul instrument pour l'axe vital. Tirer $\dot{\omega}$ aussi de la vidéo (en trackant la boîte elle-même), et faire un test du capteur de 10 minutes *avant* la vraie séance. (Plan durci, points C et D.)

1.5 4. L'hypothèse cachée porteuse (la plus précieuse ligne du document)

« Un choc brutal est, pour nos instruments, un événement propre et mesurable. »

C'est le pilier invisible. Tout le plan repose dessus sans jamais le dire. On suppose qu'un téléphone fait pour mesurer la marche peut mesurer un choc, qu'un geste de la main peut être reproductible, qu'une croix au feutre dans un gel translucide est trackable — bref, que *l'arrêt brutal se laisse*

photographier proprement. C'est devenu tellement évident qu'on a arrêté de le voir comme une hypothèse. Le mot « mesuré » dans le doc cache cette croyance.

Elle est fautive si : le geste n'est pas mécanisé (D3), ou le capteur sature/sous-échantillonne (D4), ou les marqueurs sont illisibles (D6). Trois portes, une seule pièce derrière : *le choc n'a jamais été enregistré proprement*.

Le retournement qui sauve la manip : arrêtez de croire qu'un choc est facile à mesurer, et rendez-le facile. Deux gestes suffisent — (1) mécaniser le lâcher pour qu'il soit identique à chaque fois, (2) ralentir et amortir l'arrêt pour rester dans la plage du capteur ET de la caméra. Un choc plus doux mais reproductible et résolu vaut infiniment mieux qu'un choc violent qui sature. *On ne mesure pas la violence — on mesure une différence rotation/translation. Le doux suffit, à condition qu'il soit propre*.

C'est exactement la leçon du premier échec, transposée : la première fois, « caractériser la matière avant de construire ». Cette fois, « vérifier que l'instrument voit le choc avant de lancer la vraie campagne ». Même erreur, étage au-dessus.

1.6 5. Le plan durci + la checklist binaire

1.6.1 Le plan, réécrit pour défuser D1, D3, D4 (et leurs voisins)

A. Le gel : agarose en premier, et un nom sur le pot. (contre D1, D2)

- Agarose, pas gélatine, comme gel principal. Il prend à froid en ~30 min le matin même → on supprime le piège overnight. La gélatine devient un *bonus* optionnel, jamais le chemin critique.
- Couler deux gels d'avance (un de secours), même moule, même concentration pesée à la balance (0,5 % vs 1 % = ×2 sur E — on note le chiffre).
- Un seul nom est responsable du gel, avec une deadline écrite et une photo horodatée du gel pris envoyée dans le groupe la veille. Pas « on s'en occupe » — « *Louna coule le gel jeudi 18 h, photo dans le groupe* ».

B. Mécaniser le lâcher de rotation. (contre D3)

- Remplacer « je lâche à la main, ça tape la butée » par un dispositif répétable : la boîte sur un axe, lâchée depuis un angle fixé au rapporteur (un cran physique, pas l'œil), s'arrêtant sur une butée toujours identique (même cale, même mousse). Le but : que deux essais « même angle » donnent le même $\dot{\omega}$ à $\pm 15\%$.
- Amortir l'arrêt (un peu de mousse) pour rester sous le plafond du capteur — *doux mais propre*.
- Pour faire varier l'intensité : changer l'angle de départ (5-6 crans nets), pas la force de la main.

C. Deux instruments pour l'axe vital $\dot{\omega}$ — jamais un seul. (contre D4, D5)

- Coller des marqueurs sur la BOÎTE aussi, pas seulement dans le gel. Comme ça, la vidéo seule donne les deux axes : la rotation de la boîte → $\dot{\omega}$ (axe X), les marqueurs internes → γ (axe Y). Une seule horloge, plus de problème de synchro (D5 s'évapore).
- Phyphox devient la confirmation (« le gyro et la vidéo sont d'accord »), pas la dépendance. Si Phyphox sature, la vidéo sauve la courbe.

D. Le test capteur de 10 minutes, AVANT la vraie séance. (contre D4)

- Faire un arrêt brutal d'essai, regarder la trace Phyphox : est-ce qu'elle a un plateau plat au sommet? (= saturation). Combien de points sur le pic? Si < 5 → trop violent ou trop rapide → adoucir l'arrêt jusqu'à ce que le pic soit *résolu et non saturé*.

E. Dé-scoper honnêtement les 3 matériaux. (contre D9, D12)

- On ne mesure pas la même chose pour les 3 — et c'est normal : un fluide newtonien n'a pas de module d'Young, un slime n'a pas de μ chiffrable au lycée. Donc : μ pour la glycérine (Stokes), viscoélasticité montrée + τ pour le slime (pas de μ en $Pa \cdot s$, on l'assume sur la diapo), E pour le gel. *Trois mesures différentes, pas trois fois la même*. Ça allège énormément.
- Ordre de priorité écrit. Si une seule manip survit au manque de temps, c'est la courbe rotation (le pilier, diapo 7). Donc on la fait tôt, pas en dernier. La caractérisation des matériaux nourrit le récit (diapos 3-6) mais la courbe nourrit *la démonstration*.
- Deux personnes savent faire Tracker (pas une) — séance de 30 min ensemble avant.

F. Stokes propre. (contre D7, D8) — tube le plus large et haut possible, 1er repère placé bas (vitesse limite atteinte), petites billes d'acier, glycérine (Re minuscule), température notée à chaque lâcher, et on vérifie $Re < 1$ et on l'affiche (c'est un point fort face au jury : « avez-vous vérifié l'hypothèse? Oui, $Re \approx 0,0X$ »).

G. Comparer ce qui est comparable. (contre D11) — préparer d'avance la réponse jury : on ne compare pas « g contre rad/s^2 », on compare la déformation interne γ produite dans les deux cas. L'axe Y (γ , sans unité) est le même pour rotation et translation — *c'est lui qui rend la comparaison légitime*. La rotation déforme plus à déformation de référence comparable parce qu'elle cisaille; la translation déplace en bloc.

H. Garder toutes les traces brutes. (contre D14) — vidéos, fichiers CSV Phyphox, photos datées, cahier de manip. « *Ce sont nos données* » se prouve avec les fichiers bruts, pas avec une belle courbe. C'est votre assurance contre le soupçon du jury et le garde-fou DNA-a.

1.6.2 Checklist binaire — à cocher AVANT de lancer la vraie campagne

Chaque case se répond oui / non. Une seule case « non » sur les cinq premières = on ne lance pas la vraie séance.

Bloquantes (le cœur — D1, D3, D4) :

Test capteur fait : sur un arrêt d'essai, la trace gyro Phyphox ne sature pas (pas de plateau plat au sommet) — oui / non

Le pic d'arrêt est couvert par ≥ 5 points de mesure (sample rate ≥ 200 Hz et choc assez long) — oui / non

ω est récupérable depuis la vidéo seule (marqueurs sur la boîte trackés), indépendamment de Phyphox — oui / non

Sur une vidéo test, les marqueurs internes du gel sont visibles et trackables par Tracker (contraste OK, peu de reflets) — oui / non

Le montage rotation donne le même ω à $\pm 15\%$ sur 3 essais au même angle (geste mécanisé, pas à la main) — oui / non

Logistique (contre D2, D9, D10) :

Agarose choisi comme gel principal (prise le matin même), gélatine reléguée en option — oui / non

Un gel pris et démoulé sans casser, photo horodatée dans le groupe — oui / non

Un gel de secours existe — oui / non

Un seul nom est responsable du gel, avec deadline écrite — oui / non

Ordre de priorité écrit : si une seule manip survit, c'est la courbe rotation, faite en premier — oui / non

Deux personnes savent lancer Tracker — oui / non

Créneau labo et stockage du gel (frigo) confirmés à Saint Louis — oui / non

Rigueur (contre D7, D8, D11, D14) :

Sur la chute de bille : vitesse constante entre les 2 repères (3 lâchers), $Re < 1$ calculé, température notée — oui / non

La réponse jury « pourquoi rotation et translation sont comparables? » est écrite (même axe γ) — oui / non

Données brutes (vidéos, CSV, photos datées) sauvegardées et nommées proprement — oui / non

En une phrase. Votre premier échec disait « *mesure la matière avant de construire* ». Celui qui vous guette maintenant dit « *vérifie que ton instrument voit le choc avant de lancer la campagne* » — et il se déguise en réussite jusqu'à la dernière nuit. Mécanisez le geste, tirez l'axe vital de deux instruments, testez le capteur 10 minutes d'avance : faites ça, et la courbe de la diapo 7 sera vraiment la vôtre, défendable les yeux dans les yeux du jury.