

Le Tournoi français des chimistes

Deux jours de débats scientifiques autour de la chimie entre étudiant.es de L3 et M1

Résumé Depuis 2021, plusieurs grandes écoles et universités se sont associées pour organiser un évènement original à destination de leurs étudiant-es de niveau L3 et M1 : le Tournoi français des chimistes (TFChim). Ce tournoi propose aux étudiant-es de constituer une équipe et de travailler en groupe pour proposer une réponse théorique et expérimentale à des sujets scientifiques formulés en questionnements ouverts, orientés autour de problématiques esthétiques, historiques, quotidiennes ou culturelles. Cet article détaille la genèse, le déroulement de ce tournoi et ses enjeux. La 3^e édition de ce tournoi, qui a vu concourir neuf établissements d'enseignement supérieur, a eu lieu en mars 2023.

Mots-clés Enseignement, travaux pratiques, débats scientifiques, travail en groupe.

Abstract **The French chemists' tournament: two days of scientific debate about chemistry between L3 and M1 students**

Since 2021, several "Grandes Écoles" and Universities have joined forces to organize a novel event for their L3 and M1 students: the "Tournoi français des chimistes" (French chemists' tournament, TFChim). This tournament gives students the opportunity to form teams and work as a group to find theoretical and experimental solutions to open-ended scientific challenges (related to everyday life or cultural, historical, or aesthetic issues). This article describes the history of the tournament and the issues involved. The 3rd edition of this tournament consisting of nine colleges took place in March 2023.

Keywords Teaching, laboratory work, scientific debate, group work.

Le Tournoi français des chimistes (TFChim) est, depuis 2021, un évènement scientifique conçu pour s'adresser à des étudiant-es de l'enseignement supérieur de niveau L3 et M1 dans le domaine de la chimie en leur proposant de réfléchir et de travailler sur des problèmes ouverts de chimie (ensuite désignés comme « sujets »). La séquence d'activités pédagogiques qui en découle a lieu en deux temps : un premier dédié à la préparation d'une réponse théorique et expérimentale à ces sujets – l'amont du tournoi –, puis un deuxième de communication de leur réponse et d'une critique de cette dernière par leurs pairs – des étudiant-es d'autres établissements – et/ou par des personnes extérieures – le tournoi.

Le tournoi est le point d'orgue de ce travail de recherche préparatoire au travers d'une véritable compétition se déroulant, dans le format actuel, sur deux journées fin mars, où se défient des équipes d'étudiant-es de plusieurs établissements lors de joutes oratoires, véritables débats scientifiques appelés « rencontres », autour des sujets préparés en amont. Représentant une ou plusieurs écoles ou universités, une équipe est constituée d'un groupe d'au maximum six étudiant-es volontaires inscrit-es en premier ou second cycle universitaire (troisième année de licence ou première année de master ou équivalent) et d'un-e ou plusieurs encadrant-es.

L'objectif pour chaque équipe est essentiellement de présenter et de justifier la démarche scientifique mise en place et, en cela, de développer « sa » réponse personnelle aux problèmes proposés, étayée par la description des expériences réalisées. Le tournoi s'articule autour de la confrontation des points de vue et solutions proposées par les différentes équipes. Chaque rencontre s'achève par une discussion avec un jury (responsable de l'évaluation) constitué de professionnel.les : acteurs académiques (chercheurs, enseignants-chercheurs, enseignants de l'enseignement supérieur) ou industriels de la chimie.

Contexte et historique

De nos jours, de nombreuses universités, écoles et instituts mettent l'accent sur la connexion entre la recherche et l'enseignement [1] et proposent une formation basée sur un fort lien recherche-enseignement (« research-teaching nexus » en anglais). Dans ces établissements, les étudiant-es peuvent par exemple être intégré-es aux démarches de recherche, soit sur des sujets d'études dont les connaissances sont déjà bien établies (permettant ainsi le travail sur la méthodologie en elle-même), soit sur des sujets originaux (au sens de la discipline), et donc être à l'initiative de découvertes [2]. Dans ce contexte, cinq établissements (Chimie ParisTech-PSL, l'ESPCI-PSL, l'École polytechnique, l'ENS-PSL et l'ENS de Lyon) ont décidé d'initier en 2021 le Tournoi français des chimistes afin de proposer une nouvelle expérience pédagogique de formation par la recherche à leurs étudiant-es.

Genèse du format

Le TFChim constitue aujourd'hui une activité pédagogique unique pour la chimie, tant aux niveaux national qu'international. S'il existe bien un « International chemistry tournament » (IChTo) [3] depuis 2017, celui-ci diffère par le public cible (étudiant-es de niveau « high school », soit de l'enseignement secondaire) et par une moindre importance accordée aux phases expérimentales, au profit de solutions plus théoriques, conceptuelles et bibliographiques. En revanche, pour la physique, l'« International physicists' tournament » (IPT) [4], lancé en 2009, s'adresse bien quant à lui à des étudiant-es de l'enseignement supérieur, avec une forte dimension expérimentale explicitée dans les problèmes. Sous l'impulsion de collègues et des départements d'enseignement de physique d'universités et grandes écoles, une présélection nationale initiée en 2014 (« French physicists' tournament », FPT [4])



Figure 1 - Photo de groupe de l'édition 2023.

à ces IPT voyant s'affronter pour l'année 2023 des équipes de dix institutions différentes, vise à déterminer la ou les équipes représentant la France au concours international. C'est cette présélection nationale, désormais bien rodée – ce que les résultats très régulièrement en haut de classement du tournoi international attestent – qui a inspiré l'équipe organisatrice du premier tournoi de chimie en 2021 tant sur le format que sur les règles. Afin de se démarquer du tournoi IChTo tout en conservant le lien de parenté avec le tournoi FPT, le choix du nom pour le concours de chimie s'est porté sur « Tournoi français des chimistes » : TFChim. Ses règles sont très largement inspirées du « French physicists' tournament » [5] et sont détaillées sur le site Internet du tournoi ainsi que d'autres informations (présentation du tournoi, sujets des différentes éditions, archives et sponsors) [6].

La première édition s'est ainsi déroulée en mars 2021 à l'ENS de Lyon avec des équipes de chacun des établissements fondateurs. Lors de chacune des deux dernières éditions (en mars 2022 à Chimie ParisTech-PSL et mars 2023 à l'École polytechnique), deux nouveaux établissements ont été intégrés au tournoi (Université-ENS Paris-Saclay et Université de Montpellier en 2022, et Sorbonne Université et Université Paris Cité en 2023). À cela s'ajoute la participation en 2023 d'étudiant-es de l'Université de Sherbrooke via la formation d'une équipe mixte avec l'ESPCI. Dix établissements et neuf équipes – Chimie ParisTech, l'École polytechnique, l'ENS Lyon, l'ENS PSL, l'ESPCI-Université de Sheerbrooke, Sorbonne Université, l'Université-ENS Paris-Saclay, l'Université de Montpellier et l'Université Paris Cité – ont ainsi participé au tournoi de 2023 (figure 1).

Le Tournoi français des chimistes, c'est quoi ?

Les sujets

Les sujets sont rédigés avec l'objectif principal d'aborder des problématiques quotidiennes, esthétiques ou culturelles. Leur formulation implique un ou des questionnements ayant trait à la chimie et permet de susciter un intérêt fort chez les étudiant-es pour la thématique propre à chaque problématique.

Les sujets de l'édition 2023

La liste simplifiée des titres des huit sujets et des défis proposés aux équipes est donnée dans le *tableau 1* (voir un exemple d'énoncé *figure 2*).

Les sujets sont formulés afin de mettre en exergue plusieurs applications de la chimie (voir *tableau 1*) : élaboration d'une solution technique à partir d'un cahier des charges parfois exigeant (par ex. sujet n° 8), optimisation et affinage de solutions déjà existantes, compréhension d'un phénomène inconnu (par ex. sujet n° 6), exploration de concepts sous la proposition de « prototypes » développant des propriétés et un caractère singulier et fascinant (par ex. sujet n° 5), ou de concepts plus philosophiques ou métaphysiques (par ex. sujets n° 4 et 7). Au niveau des thèmes abordés, des notions en lien avec la lumière et les couleurs (par ex. sujet n° 1), la cuisine ou la physico-chimie des aliments et l'olfaction (par ex. sujet n° 3), des propositions de solutions modernes à des problèmes historiques ou de réalisation au laboratoire d'objets ou systèmes inspirés de la littérature, du cinéma, de l'art en général, ou encore de la pop culture (par ex. sujet n° 2 et *figure 2*) et de la fantasy – ou qui pourraient y trouver leur place ! – sont ainsi fortement favorisés. En cela, un objectif est également de rappeler qu'en tant que spécialistes de ce qui est par excellence la science de la transformation, les chimistes n'ont souvent rien à envier aux magiciens de l'imaginaire populaire – la différence étant qu'ils sont en mesure de rationaliser, modéliser, amender et décrire les systèmes parfois très surprenants qu'ils sont en mesure de proposer.

Les sujets finaux proposés aux étudiants pour le tournoi sont choisis par les délégations au terme d'un système de vote, à partir d'un corpus d'environ douze sujets rédigés par une petite équipe de membres des institutions participantes. Cette équipe veille notamment à l'harmonie des thèmes abordés, à une unification du style et des tournures vers des propositions « qui donnent envie » autant que possible aux étudiant-es et aux encadrant-es de s'y plonger, de les aborder et les approfondir. Le corpus final comptait pour l'édition 2023 huit sujets.

Les règles d'une « rencontre »

Chaque équipe est engagée dans quatre rencontres sur l'ensemble du tournoi ; la répartition est tirée au sort à l'ouverture de celui-ci.

Une « rencontre » est menée par un arbitre et est composée de deux « défis », durant lesquels deux équipes débattent suivant des rôles pré-établis : l'« orateur » ou l'oratrice et le « contradicteur » ou la contradictrice ». Dans sa présentation, l'orateur expose et défend sa proposition de solution au problème

N°	Titre	Défis	Domaines ciblés
1	Le puzzle des bouteilles	Élaborer un système chimique qui reproduise dans le monde réel le jeu pour smartphone « Water sort puzzle ». Sera-t-il nécessaire de modifier les règles pour s'adapter aux réalités de la chimie (et de la physique) ?	Miscibilité des solutions
2	La disparition	Est-il possible de concevoir un système chimique « disparaissant » une fois mis en fonctionnement, bio-inspiré des mécanismes permettant à ces espèces telles que les pieuvres (ou d'autres encore !) de devenir invisibles ou presque ?	Les propriétés optiques – Chimie bio-inspirée
3	« Parfum-gag » by TFChim	Quelle pourrait être la « recette » d'un parfum-gag, qui au contact de la peau perd son odeur plaisante et dégage alors une odeur franchement fétide ?	Chimie organique – Formulation
4	Persistance de la chimie	Serait-il possible de mettre au point un système chimique permettant une mesure temporelle, et reposant sur le déroulement d'une réaction ? Ce système, pour être compétitif, devrait pouvoir être simple d'utilisation, réutilisable, et se montrer déclinable pour remplir diverses fonctions : minuteur, alarme, chronomètre, ou simple horloge, par exemple.	Cinétique chimique
5	Quand les poules auront des dents	Une assemblée de poules chimistes serait-elle capable de réparer cette injustice de la nature, en transformant par synthèse chimique leurs coquilles d'œufs en de magnifiques dentiers plus vrais que nature (c'est-à-dire chimiquement identiques à des dents véritables) ? Comment est-il possible d'améliorer les performances de ces nouvelles dents pour les rendre aussi solides que possible ?	Chimie des matériaux
6	Des lessives aux grands airs	Quelles molécules sont responsables de l'odeur du linge qui a séché au grand air ? Comment sont-elles générées dans les conditions de séchage du linge ? Peut-on, par une méthode chimique réalisable au laboratoire et reproduisant ces conditions, générer des quantités plus importantes de ces molécules ?	Chimie atmosphérique
7	Un remède à l'indécision	Élaborer un système chimique (et son mode de lecture associé) qui permette de créer un « décideur chimique » : une réaction facile à mettre en œuvre qui peut aléatoirement aboutir de façon binaire à un résultat ou un autre – la lecture de ce résultat permet alors de prendre sa décision ! Est-il possible de mettre au point un décideur à trois choix, voire plus ?	Physico-chimie
8	Bois à modeler	Est-il possible de mettre au point un procédé permettant de « démanteler » chimiquement le bois en sous-unités (moléculaires par exemple) faciles à conditionner et acheminer, qu'on pourrait ensuite une fois arrivées à destination recomposer en un matériau aussi proche que possible chimiquement et physiquement de la structure du bois original, sans avoir recours à des résines ou liants synthétiques, et qu'il serait possible de mouler, façonner et modeler à son gré aussi bien en formes qu'en dimensions ? Peut-on adapter ce procédé à différentes essences ? Peut-on le rendre aussi vertueux et éco-compatible que possible ?	Biochimie – Chimie durable

Tableau I - Liste simplifiée des titres des huit sujets et des défis proposés aux équipes pour l'édition 2023. Nota : Les domaines ciblés ne sont pas précisés aux étudiant-es.

P7 – UN REMÈDE À L'INDÉCISION



Dramatic Crossroads

Rien n'est plus difficile de décider le matin si nous opterons pour une chemise à carreaux ou à rayures, si nous choisirons au restaurant l'entrée, le dessert (ou les deux !), ou encore si nous choisirons pour notre nouveau salon ce magnifique canapé en cuir vert tendre ou en molleton jaune moutarde. Heureusement, pour nous aider, un long travail de recherche a permis de mettre au point un système très utile, le « décideur chimique » : une réaction facile à mettre en œuvre qui peut aléatoirement aboutir de façon binaire à un résultat ou un autre – la lecture de ce résultat permet alors de prendre sa décision !

- Élaborer un système chimique (et son mode de lecture associé) qui permette d'élaborer ce système « simple ». Est-il possible de mettre au point un décideur à trois choix, voire plus ?

Figure 2 - Exemple d'énoncé pour le sujet n°7 de l'édition 2023 intitulé « Un remède à l'indécision ».

N°	Durée /min	Étape
1	1	L'équipe « contradicteur » défie l'équipe « orateur » sur un sujet
2	1	L'équipe « orateur » accepte ou rejette le défi via l'utilisation d'un veto*
3	3	Préparation (installation de la présentation, vérifications techniques) de l'« orateur »
4	12	Présentation de l'« orateur »
5	2	Questions techniques du « contradicteur » et réponses de l'« orateur »
6	5	Préparation de la contradiction (discours, contenu, support...) du « contradicteur »
7	5	Présentation du « contradicteur »
8	5	Discussion entre « orateur » et « contradicteur »
9	5	Discussion générale entre l'ensemble des participant-es des deux équipes
10	1	Conclusion de l'« orateur »
11	6	Questions du jury (un par membre, temps pour une réponse par question : 40 s)
12	1	Délibération du jury (sans concertation) avec notation sur 10
13	5	Remarques du jury
	50	Temps total

Tableau II - Étapes et chronométrage d'un défi.

*Si l'équipe « orateur » rejette le défi, l'équipe « contradicteur » défie l'équipe « orateur » sur un autre sujet et l'on revient à l'étape 1. L'équipe « orateur » est alors dans l'obligation d'accepter le défi dans l'étape 2.

du tournoi sur lequel il a été défié. Cette solution a été élaborée par son équipe pendant l'année et résulte de l'application de la démarche scientifique mise en place pour résoudre le problème en question. Cette démarche pourra comporter un travail expérimental réalisé par les étudiant-es, sans se limiter à celui-ci. À son tour, dans sa présentation, le contradicteur présente une critique constructive de la présentation de l'orateur. Il doit identifier et discuter à la fois ses points forts et ses défauts, en étant capable de mettre en avant les plus importants d'entre eux. Il doit également présenter ce qui lui semble être les principales pistes d'amélioration de la solution. Pour chaque rencontre, les prestations des équipes sont évaluées par le jury qui attribue des notes évaluant la qualité des présentations des solutions de l'équipe oratrice, ainsi que les capacités d'esprit critique dans une démarche constructive de l'équipe contradictrice.

Au sein de ces différentes phases d'intervention, les étudiant-es se répartissent les tâches, en fonction de leurs compétences et expertises sur chaque sujet : intervention orale, préparation des supports de réponse, réflexion et sens critique pour l'assistance de l'orateur ou nourrir les débats.

Déroulement d'une « rencontre »

Chaque équipe voit son rôle attribué au terme d'une étape baptisée « amorçage » : il s'agit en deux minutes de fournir une réponse chiffrée à une question ouverte, ce qui est plus intéressant qu'un simple pile ou face ! – par exemple, « déterminer le nombre de molécules du monomère propène nécessaires à la confection du tissu pour l'emballage de l'Arc de triomphe pour l'œuvre d'art contemporain éphémère nommée « Wrapped » créée par les artistes Christo et Jeanne-Claude en septembre 2021 ».

L'équipe remportant l'amorçage choisit son rôle pour la première partie de la rencontre (orateur ou contradicteur). Le défi débute alors et comporte pour chacune des deux phases un certain nombre d'étapes pré-établies décrites dans le *tableau II*, le bon suivi des étapes étant garanti par un-e arbitre. Chaque équipe choisit en son sein un contradicteur et un

orateur qui devront rester identiques pendant tout le défi – la présentation se fait en français, avec un support de présentation projeté préparé à l'avance pour l'orateur, en direct pour le contradicteur. La *figure 3* présente des photos de trois des treize étapes.

Lors de la discussion (étape n° 8, *tableau II* et *figure 3*) qui succède aux phases de présentation et de contradiction où les équipes présentant sont seules à avoir la parole, l'orateur commence par répondre aux critiques du contradicteur, ce qui permet d'identifier les principaux points pouvant être améliorés dans la résolution du problème qu'il a proposée. Cette identification doit mener à une nouvelle étape de discussion aboutissant à une amélioration de la solution au problème proposée par l'orateur, contribuant une fois encore à s'inscrire dans le respect de la démarche scientifique lors de missions de communication et valorisation des recherches.

Enjeux et rayonnement extérieur

Classement et prix du tournoi

À l'issue de toutes les rencontres, les notes de chaque équipe sont compilées de sorte à déterminer un classement. Seul le classement des trois premières équipes – possédant les scores finaux les plus élevés – est révélé lors de la cérémonie de clôture du tournoi. D'autres prix sont décernés par le jury réuni en session plénière à titre individuel à une ou plusieurs personnes (meilleur orateur et meilleur contradicteur) ou à titre collectif (meilleure équipe oratrice, meilleure équipe contradictrice, meilleure rencontre, l'équipe la plus efficace lors des amorçages). Le jury peut se réserver le droit de ne pas attribuer certains prix collectifs.

Suivre le tournoi en direct ou en rediffusion

Une retransmission en direct (sur YouTube) et captation vidéo (pour une diffusion *a posteriori* sur le site web du tournoi) des rencontres sur Internet a été proposée lors des trois éditions. Il est donc possible pour les spectateurs de suivre le tournoi en direct le jour J mais également de revoir *a posteriori* les rencontres.



Figure 3 - Images illustrant trois des treize étapes d'un défi (tableau II). (Crédits photos : étape n° 4 : Direction de la communication de Sorbonne Université) ; étape n° 8 : Allison Wustrow ; étape n° 9 : Clément Guibert).

Promouvoir la chimie

Le concours est ainsi également envisagé comme un moyen de faire connaître la chimie à un public initié ou non, sous le prisme des développements récents et des idées et méthodes innovantes et originales proposées par les jeunes talents francophones de la chimie française qui composent les équipes. Un effort est fait en ce sens lors de l'énoncé des sujets (cf. paragraphe sur les sujets) afin de défendre une facette plus significative de la chimie actuelle, tournée vers des pratiques plus vertueuses, et aboutissant à l'élaboration de solutions et objets chimiques plus fonctionnels et durables. Ainsi, chaque année, un ou plusieurs sujets s'intéressent à des problématiques de chimie verte et/ou accordent une attention aux solutions mettant en œuvre des éléments de chimie plus durables (sujets n° 2 et 8 en 2023, tableau I).

Le Tournoi français des chimistes est aujourd'hui une compétition originale proposée par neuf grandes écoles et institutions d'enseignement supérieur francophones à destination de leurs élèves de niveau L3 et M1. Cet événement, fort de son succès, est amené dans les années futures à accueillir d'autres établissements souhaitant s'appuyer sur ce tournoi pour travailler avec leurs élèves la démarche scientifique et leur capacité à débattre. Il est aussi un moyen de promouvoir la chimie et de montrer ses multiples applications. Tout porte à croire qu'il ne s'agit que du début de l'aventure !

Les auteurs remercient l'ensemble des équipes pédagogiques et techniques impliquées dans la préparation des équipes : Sophie Griveau, Kawthar Bouchemal, Domitille Giaume, Odile Majérus, Zeinab Kadi,

Pierre Dedieu, Virginie Lair, Philippe Barbox pour Chimie ParisTech ; Alexis Archambeau et Simon Delacroix pour l'École polytechnique ; Belen Albela et Vincent Wieczny pour l'ENS Lyon ; Manon Leconte et Mathilde Lepoitevin pour l'ENS PSL ; Jean-Baptiste D'Espinose et Yvette Tran pour l'ESPCI ; Laure Fillaud, Clément Guibert et Natacha Krins pour Sorbonne Université ; Lou Barreau pour l'Université-ENS Paris-Saclay ; Sébastien Clément, David Egron, Jean-Sébastien Filhol, Claude Niebel, Saad Sene, Jean-Yves Winum pour l'Université de Montpellier ; et Marion Giraud, Jean-François Lemineur et Samia Zrig pour l'Université Paris-Cité.

- [1] M. Simons, J. Elen, The "research-teaching nexus" and "education through research": an exploration of ambivalences, *Studies in Higher Education*, **2007**, 32(5), p. 617-631.
- [2] M. (G. M. F.) Elsen, G.J. Visser-Wijnveen, R.M. van der Rijst, J.H. van Driel, How to strengthen the connection between research and teaching in undergraduate university education, *Higher Education Quarterly*, **2009**, 63(1), p. 64-85.
- [3] International Chemistry Tournament, <http://ichto.org/en/about/> (consulté le 01/05/2023).
- [4] International Physicists' Tournament, <https://iptnet.info/> (consulté le 01/05/2023).
- [5] <https://france.iptnet.info/historique>
- [6] www.tfchim.fr

Jonathan PIARD^{1*}, professeur agrégé, **Bruno SÉCORDEL²**, agrégé-préparateur, et **Allison WUSTROW³**, professeure adjointe.

¹Département de Chimie, ENS Paris-Saclay.

²Département de Chimie, ENS de Lyon.

³Département de Chimie, Université de Sherbrooke (Québec).

* jonathan.piard@ens-paris-saclay.fr