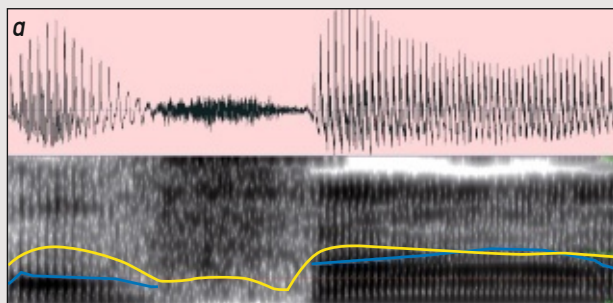
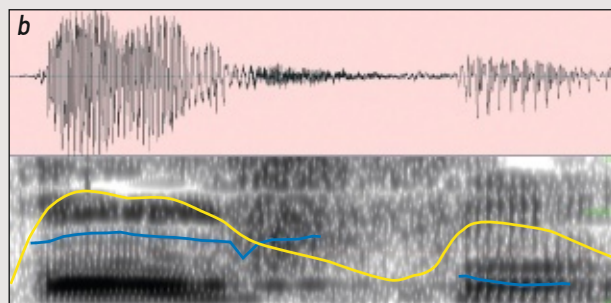


L'intonation d'un mot reflète un sens, qui ne peut être compris qu'en écoutant le mot. Il est possible de décomposer le son d'un mot en différents paramètres, représentés sous forme d'un spectrogramme. Par exemple, dans la phrase « Enfin ! Paul arrive ! », *Enfin* s'interprète comme un

soulagement avec de la satisfaction (a) ou comme un soulagement avec de l'énervement (b). Sur les spectrogrammes de *enfin*, représentés ci-dessous, la ligne bleue correspond à la mélodie ou hauteur du son (grave ou aigu), et la ligne jaune à son intensité (forte ou faible).



« Ouf ! J'étais très inquiète et je suis pleinement soulagée que la venue de Paul mette un terme à mon angoisse. »



« Je commençais vraiment à en avoir assez d'attendre Paul ; il m'énervé. »

BIBLIOGRAPHIE

M. Petit, *Discrimination prosodique et représentation du lexique : application aux emplois des connecteurs discursifs*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 2009.

G. Boulakia et al., *Un plaisir coupable... mais un plaisir (Étude prosodique de la rhétorique de plaidoiries et de réquisitoires)*, Actes d'IDP 2009, Paris, pp. 123-135, septembre 2009.

R. Bertrand et C. Chanet, *Fonctions pragmatiques et prosodie de enfin en français spontané*, *Revue de Sémantique et Pragmatique*, vol. 17, pp. 41-68, 2005.

P. Cadiot et Y.-M. Visetti, *Motifs, profils, thèmes : une approche globale de la polysémie*, *Cahiers de lexicologie*, vol. 79, pp. 5-46, 2001.

F. Nemo, *Enfin, encore, toujours entre indexicalité et emplois*, Actes du XXII^e Congrès international de linguistique et de philologie romanes, Niemeyer Max (éd.), Tübingen : Verlag, pp. 499-511, 2000.

I. Léglise, *Contraintes de l'activité de travail et contraintes sémantiques sur l'apparition des unités et l'interprétation des situations*, Thèse de doctorat, Université Paris 7-Denis Diderot, 1999.

la quantité (forte ou faible) évoquée, mais elle renseigne sur l'importance que cette quantité a dans l'argumentation. Par exemple, dans « Il a fait des miracles en quelques jours », on comprend « Il a fait des miracles rapidement » ou « Il a fait des miracles, et notez qu'en plus, il les a faits en très peu de jours ».

En outre, combien de fois un *oui* que notre interlocuteur aurait voulu franc et sincère apparaît-il teinté de réticence ? Si le *oui* est franc, la voix est montante, sinon, elle retombe après s'être un peu élevée. Et toutes les nuances vocales correspondent à différents degrés de franchise. Nous avons aussi constaté que le plus souvent, quand quelqu'un évoque une couleur, l'intonation permet de deviner si elle lui plaît ou non.

Ce que l'analyse de *enfin* nous a appris pourrait s'appliquer à d'autres connecteurs discursifs et à d'autres mots. Lorsqu'un locuteur s'exprime, il révèle également une partie de ses pensées, volontairement ou non. On peut ainsi savoir ce qu'il pense, ou s'il considère un point comme important ou négligeable. L'expression d'un sentiment est inhérente à la parole et les connecteurs discursifs permettent de le révéler. De fait, il serait peut-être nécessaire de revoir le sens conventionnel des mots, en tenant compte de l'intonation.

Aujourd'hui, c'est une réécriture des dictionnaires qui peut être envisagée. En utilisant un support multimédia, on pourrait différencier les sens des mots selon leur intonation. L'intégration de la prosodie dans les dictionnaires électro-

niques peut commencer avec les « mots de discours » tels que les connecteurs ou les adverbes (« Tu es toujours là » ou « Tu es déjà là » peuvent être interprétés comme un reproche ou un contentement selon l'intonation).

Créer un dictionnaire sonore

Pour ce faire, il reste à proposer diverses représentations de la prosodie, sous forme de courbes par exemple, et à approfondir la description du sens des connecteurs. Ce dictionnaire sonore serait alors utile dans le domaine du traitement automatique de la langue, quand il s'agit de reconnaissance vocale ou de voix artificielle.

Les enseignants du français comme langue étrangère souhaitent aussi intégrer l'intonation des mots dans les cours qu'ils dispensent. Une étude comparative de la prosodie des unités lexicales entre différents types de français (de France, québécois, etc.), mais aussi selon son évolution au fil des années, est une perspective de recherche. La deuxième Enquête sociolinguistique à Orléans est en cours. Elle permettra de comparer les intonations des Orléanais sur le même type de mots à 40 ans d'intervalle. Bien sûr, nous étudierons aussi le rôle de l'intonation dans la discrimination des autres types d'unités lexicales tels que les verbes, les adjectifs, les noms communs ou les noms propres. Un dernier conseil : faites bien attention à la façon dont, finissant de lire cet article, vous allez dire *enfin*. ■



DIFFORME ET GLACÉE, la plus grosse lune irrégulière de Saturne, Phœbé, ressemble à une comète qui aurait été arrachée à son orbite autour du Soleil. Les cratères portent les noms des héros du mythe grec des Argonautes : le plus grand, au sommet, est le cratère Jason, à sa gauche se trouve Erginos, et celui dans l'ombre en bas est Oïlée.

Les satellites

les plus étranges du Système solaire

David Jewitt, Scott Sheppard et Jan Kleyna

Évoluant sur des orbites étirées et dans le sens souvent inverse de celui attendu, les satellites irréguliers ouvrent une fenêtre sur la formation des planètes.

Il y a dix ans, deux d'entre nous, David Jewitt et Scott Sheppard, firent un pari sur le nombre de satellites qu'il restait à découvrir dans le Système solaire. D. Jewitt paria 100 dollars qu'une recherche avec des télescopes dédiés n'en dénicherait pas plus de dix nouveaux. Après tout, les astronomes n'en avaient trouvé que très peu durant tout le XX^e siècle. S. Sheppard, plus optimiste, en prédit le double, au vu de la sensibilité accrue des instruments astronomiques.

S. Sheppard est aujourd'hui plus riche de 100 dollars : depuis ce pari, notre équipe a découvert 62 nouveaux satellites et il en reste sans doute d'autres à découvrir dans les données. Si nous faisons le compte des découvertes des autres équipes, le nombre total de nouvelles lunes découvertes est passé de 11 à 105 (au sens strict, il n'y a qu'une Lune, le satellite de la Terre, mais le terme « lune » est communément employé pour désigner un satellite naturel).

Personne n'avait prédit que la famille du Soleil recélait autant de membres cachés. Ces satellites discrets sont « irréguliers », ce qui signifie que leurs orbites sont larges, très elliptiques et inclinées par

rapport à l'équateur de leur planète-hôte. Les lunes dites régulières, comme celle de la Terre ou les satellites galiléens de Jupiter, ont par comparaison des orbites serrées, quasi circulaires et pratiquement équatoriales.

De façon encore plus étonnante, la plupart des lunes irrégulières sont sur des orbites rétrogrades, c'est-à-dire qu'elles tournent autour de leur planète-hôte dans le sens contraire à celui de la rotation de la planète sur elle-même. *A contrario*, les satellites réguliers tournent dans le même sens que leur planète (orbites progrades). Par exemple, vue d'au-dessus du pôle Nord de la Terre, la Lune tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, comme la Terre autour de son axe (et autour du Soleil). Les autres planètes tournent aussi dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ce qui reflète sans doute le mouvement du disque de gaz et de poussières à partir duquel elles se sont formées, il y a 4,5 milliards d'années. Les satellites réguliers partagent ce mouvement, car ils se seraient formés à partir de disques entourant leurs planètes respectives. La rotation contraire

L'ESSENTIEL

✓ Par opposition aux satellites classiques, les lunes irrégulières parcourent des orbites très allongées et inclinées, parfois dans le sens opposé à celui de la rotation de leur planète sur elle-même.

✓ D'après les observations récentes, les satellites irréguliers sont la règle plutôt que l'exception.

✓ Leurs caractéristiques orbitales indiquent que les planètes les ont capturés après leur formation autour du Soleil.

✓ Ils nous renseignent sur les processus à l'œuvre dans les débuts du Système solaire.

Don Dixon: IMSK/PLSSI

des satellites irréguliers est par conséquent le signe d'une origine différente.

Les modèles classiques ne rendent pas bien compte de cette famille d'objets, et une vague de nouveaux travaux théoriques est en cours. Il semblerait que les satellites irréguliers soient des survivants d'une époque révolue depuis longtemps, où l'attraction gravitationnelle exercée par les planètes nouvellement formées a extirpé les petits corps de leurs orbites initiales. Leur étude permettra de mettre en lumière les premières étapes du développement du Système solaire.

Bien que la première lune irrégulière connue, Triton, satellite de Neptune, ait été découverte dès 1846, la plupart d'entre elles n'ont été détectées que récemment, car elles sont souvent plus petites, donc moins lumineuses, que leur cousines régulières. S'ajoute aux difficultés le fait qu'elles soient distribuées dans une région de l'espace beaucoup plus vaste.

Par exemple, le satellite régulier de Jupiter le plus externe, Callisto, est en orbite à 1,9 million de kilomètres de la planète géante, alors que ses satellites irréguliers sont répartis dans un rayon de 30 millions de kilomètres. Cette taille est comparable à celle du domaine d'influence gravitationnelle de Jupiter, ou sphère de Hill, au-delà de laquelle le Soleil arracherait tout satellite à la planète. Si elle était visible à l'œil nu, la sphère de Hill aurait un diamètre apparent de dix degrés, soit 20 fois celui de la pleine Lune. C'est énorme comparé au champ de vision de la plupart des télescopes.

Des lunes à foison

Pour explorer une telle région à la recherche de satellites, il faut disposer des capteurs numériques les plus modernes et analyser presque 100 gigaoctets de données par nuit (voir l'encadré page 68). Notre propre relevé, *Hawai Moon survey*, entre 2000 et 2003, s'est focalisé initialement sur Jupiter, dont la proximité nous permet de détecter des petites lunes qui seraient trop faibles pour être vues autour des autres planètes géantes, plus lointaines. Des équipes menées par Brett Gladman, de l'Université de Colombie-Britannique, Mathew Holman, du Centre d'astrophysique Smithsonian à Harvard, et de John Kavelaars, de l'Institut d'astrophysique Herzberg, au Canada, ont mené des recensements similaires pour Saturne, Uranus et Neptune.

Les quatre planètes géantes se révèlent être accompagnées de lunes irrégulières. En extrapolant les découvertes actuelles, on estime que chacune d'entre elles possède environ 100 satellites irréguliers ayant un diamètre de plus d'un kilomètre. Ces corps célestes occupent une large gamme de tailles, les plus petits étant beaucoup plus représentés. Dans le cas de Jupiter, les tailles des lunes irrégulières vont de 180 kilomètres pour la plus grosse, J6 Himalia, jusqu'à des objets qui ne font qu'un ou deux kilomètres.

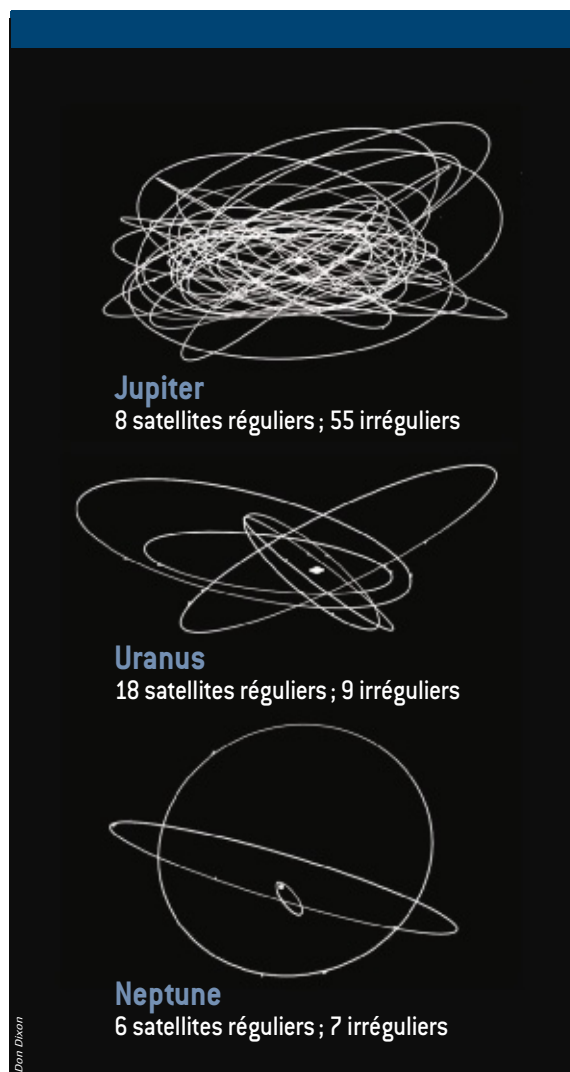
Résonances célestes

Les orbites de ces lunes sont parmi les plus compliquées du Système solaire. Comme elles gravitent loin de leur planète-hôte, elles sont tiraillées entre l'attraction du Soleil et celle de leur planète, si bien que leurs orbites ont un fort taux de précession (décalage du grand axe de l'ellipse au fil du temps). La précession est souvent si rapide qu'il n'est même pas adéquat de considérer que la trajectoire est une boucle fermée. Ces lunes irrégulières tracent dans le ciel des orbites étranges, semblables à des rosaces.

Quand les différentes influences gravitationnelles agissent de façon synchrone, la situation peut devenir très complexe. Par exemple, si le taux de précession d'un satellite est égal à la période de révolution de la planète autour du Soleil, le satellite entre dans une résonance dite d'éviction. L'attraction du Soleil est alors maximale toujours au même endroit de l'orbite et ses effets s'accumulent avec le temps, ce qui déstabilise l'orbite. L'ellipse s'allonge au point que la Lune entre en collision avec sa planète ou, au contraire, s'échappe de la sphère de Hill et tombe sous l'emprise gravitationnelle du Soleil.

Les orbites lunaires progrades sont plus vulnérables à ce phénomène que les orbites rétrogrades, l'influence du Soleil et de la précession se combinant dans le premier cas et se compensant en partie dans l'autre. Si les lunes irrégulières étaient autrefois équitablement réparties entre les deux sens, ce mécanisme de résonance pourrait expliquer que la plupart d'entre elles sont aujourd'hui rétrogrades.

Une autre résonance, connue sous le nom de résonance de Kozai, couple l'inclinaison et la forme de l'orbite. Les orbites inclinées deviennent très excentriques (l'ellipse s'allonge), ce qui conduit aussi poten-



tiellement à l'éjection ou la destruction du satellite. C'est peut-être pourquoi on n'observe pas de lunes dont l'inclinaison s'écarte de plus de 50 degrés par rapport au plan équatorial de la planète.

Pour résumer, les satellites irréguliers actuels semblent être les survivants d'interactions gravitationnelles qui ont détruit nombre de leurs semblables. D'autres caractéristiques orbitales des satellites irréguliers n'ont cependant rien à voir avec les interactions gravitationnelles. Les lunes appartiennent à des groupes distincts, ou familles, dont les membres ont des paramètres orbitaux très proches. Les familles de satellites de Jupiter comptent par exemple jusqu'à 17 membres. Selon l'interprétation la plus simple, les membres d'une famille sont les restes d'une lune plus grande qui a été fragmentée par un impact, ses morceaux continuant à suivre des orbites proches de celle de l'objet