

# PHÉNOMÈNES ACOUSTIQUES EN MUSIQUE

DOCUMENTAIRE N. 622

Le son produit par les vibrations, qui sont le mouvement et la vie, pourrait être comparé à une manière de télégraphe invisible dont se servirait la nature. Pythagore et Platon n'affirmaient-ils pas que dans l'univers tout est musique!

Une musique éclatante et d'un rythme rapide, constituée par des notes brèves, peut inciter à l'action.

Les sept notes fondamentales sont connues de tous, même de ceux qui n'ont pas étudié la musique; elles peuvent être chantées par toutes les voix et produites par tous les instruments sans exception.

Le moine bénédictin Guy d'Arezzo (qui vécut aux environs de 990 à 1050) signala le premier l'existence des sept sons dont toute harmonie se compose. Les notes ont été tirées des premières syllabes de l'hymne que l'Eglise chante en l'honneur de saint Jean-Baptiste:

« Ut queant laxis  
Resonare fibris  
Mira gestorum  
Famuli tuorum  
Solve polluti  
Labbii reatum  
Sancte Johannes ».

« Afin que puissent résonner sur tes douces cordes les merveilles de tes actions, absous la faute du serviteur coupable ô Saint Jean ».

Les Français ont conservé l'Ut tandis qu'en Italie, vers 1640, il a été changé en Do par Doni. La croissance progressive de la fréquence des notes est ensuite dite « échelle naturelle » ou « gamme »; ce n'est pas une invention arbitraire, et quiconque est pourvu du moindre sens musical sait facilement la reproduire (fig. 1). Maintenant il faut demander à la physique de combien de vibrations se compose chaque note.



La gamme musicale est constituée par la succession de huit notes dont la dernière répète la première à l'octave supérieure. Cette gamme prend le nom de diatonique si elle comprend la série naturelle des sons, tandis qu'elle est dite chromatique si elle comprend 7 tons et 5 demi-tons. Voici, sur le piano, la gamme naturelle constituée par les touches blanches (do, ré, mi, fa, sol, la, si, do) et la gamme chromatique, qui comprend aussi les touches noires (do, do dièse, ré, ré dièse, mi, fa, fa dièse, sol sol-dièse, la, la dièse, si, do).

Etant établi qu'en faisant vibrer une corde justement tendue elle donne pour la première note 522 vibrations, on a:

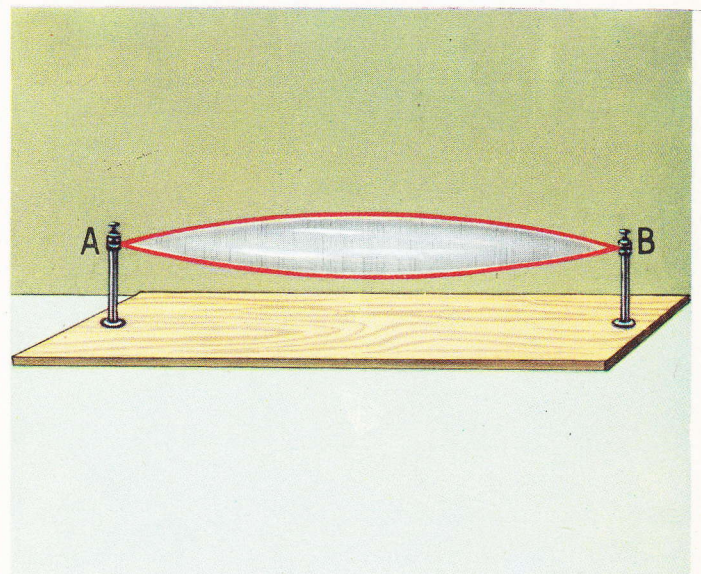
Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
522	587	652	696	783	870	980	1044

La succession des sept notes est donnée par les chiffres suivants:

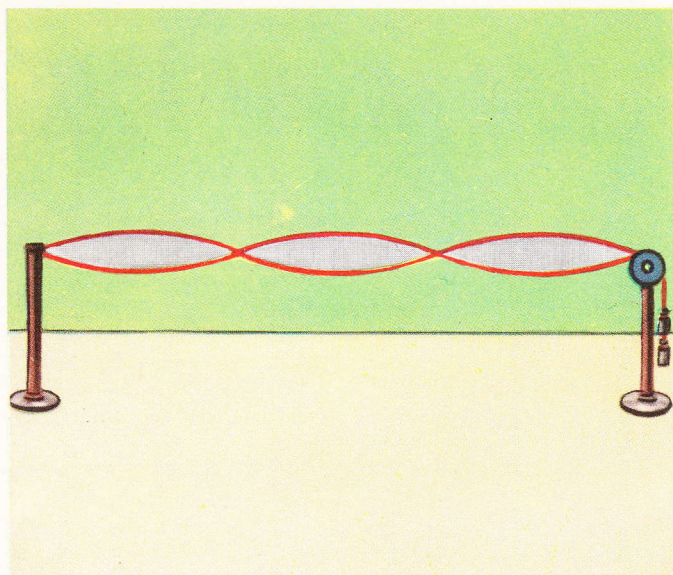
Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

Ce qui veut dire que pour le Ré, par exemple, c'est une note dont le nombre de vibrations est équivalent aux 9/8 du nombre de vibrations du Do. Donc si le Do comporte 522 vibrations, le ré en comportera:  $522 \times 9/8 = 587$  vibrations, le mi:  $522 \times 5/4 = 652$  vibrations et ainsi de suite.

Il s'agit maintenant de confronter, pour une compréhension plus claire, des expériences de physique avec les données que les mathématiques ont fournies pour l'accord des sons. Le physicien et astronome allemand Melde Franz-Emil (1832-1901) avait observé qu'une corde tendue en son extrémité par des poids et qui vibre présente en ses deux extrémités deux nœuds en A et B et elle émet un son dit « note fondamentale » (fig. 2). Pensons aux ondes qui se déplacent de A vers B, se propagent sur la corde A et B d'un violon: arrivées en B, les ondes se réfléchissent et reviennent en arrière avec la même ampleur et la même fréquence, elles se combinent avec les précédentes et forment un mouvement typique dit « onde stationnaire » qui constitue ce que l'on appelle le « ventre » en forme de fuseau. Quand le poids varie, on peut remarquer plusieurs nœuds et plusieurs ventres correspondant aux variations (fig. 3). La distance entre deux nœuds forme une demi-longueur d'onde. Toutes ces observations expérimentales ont poussé à approfondir les phénomènes qui les engendrent à l'aide d'un autre instrument dit en un premier temps « monocorde », puis ensuite « sonomètre » (fig. 4).



Si nous pinçons en son milieu une corde tendue entre deux supports A et B, elle vibre en émettant une note fondamentale engendrant un mouvement dit « onde stationnaire », qui constitue ce que l'on appelle le « ventre ». Les extrémités A et B ne vibrent pas et on les appelle les « nœuds ». Ce phénomène s'explique par le fait que les ondes provoquées se déplacent de A vers B. Là elles se réfléchissent et, revenant en arrière, se combinent avec de nouvelles ondes qui se sont formées au cours de la vibration pour constituer le ventre.



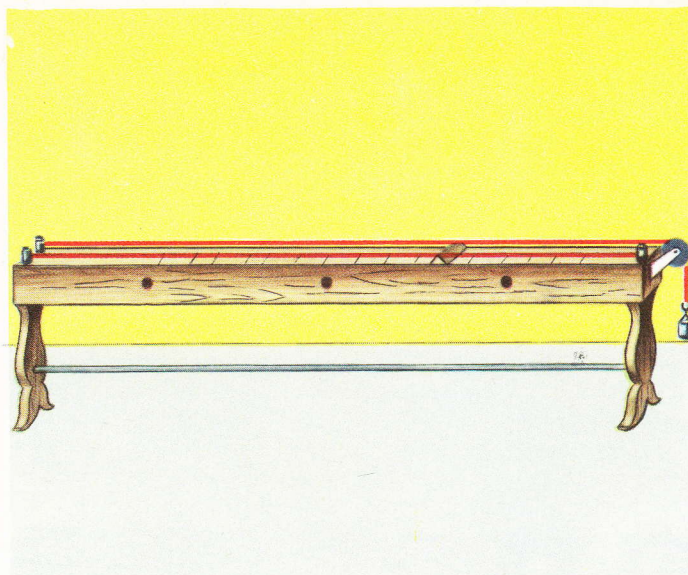
*Expérience de Melde. Quand la tension de la corde vibrante varie grâce à l'emploi de poids, on obtient un nombre variable de nœuds et de ventres. Deux ventres compris entre trois nœuds constitue une longueur d'onde, la distance entre deux nœuds correspond à une demi longueur d'onde.*

Le monocorde est un instrument fort ancien: il comporte une caissette en forme de parallélépipède en bois mince qui agit comme une caisse de résonance sur laquelle on peut tendre une ou plusieurs cordes.

Dans le piano et dans la harpe, les cordes destinées à produire les sons les plus graves sont plus longues que celles qui sont destinées à produire les sons plus aigus, car le nombre de vibrations d'une même corde tendue de manière constante varie en mesure inversement proportionnelle à sa longueur (fig. 5).

En observant les cordes de différents instruments, il est facile de constater qu'elles n'ont pas le même diamètre, et le sonomètre nous prouve que deux cordes de la même matière et d'égale tension donneront des sons différents (un son plus grave pour celle qui possède le plus gros diamètre).

Si nous demandons à un violoniste pour quelle raison les doigts de sa main gauche se déplacent constamment, il vous répondra qu'avec eux il raccourcit et presse les cordes pour

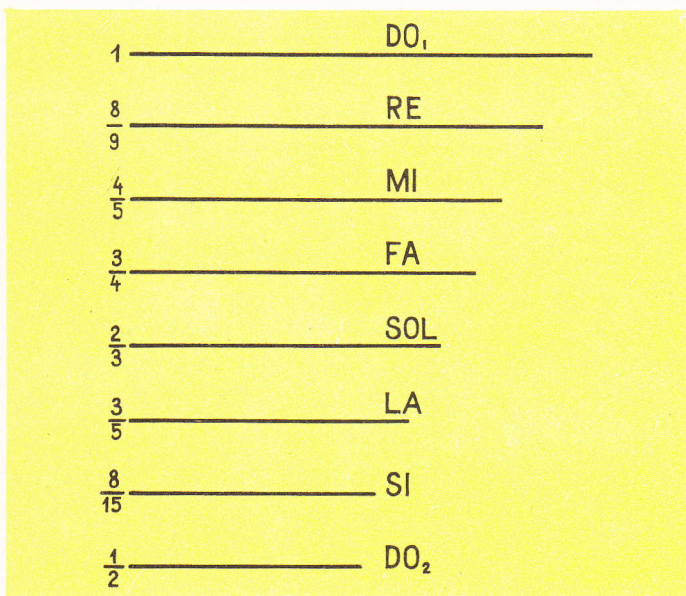


*La caisse parallélépipédique de résonance ou sonomètre sert à renforcer le son des cordes. Taylor (1685-1731) a déterminé le nombre de vibrations des cordes en tenant compte de la longueur, du diamètre de la corde, de sa densité, et de la façon dont elle est tendue par le poids.*

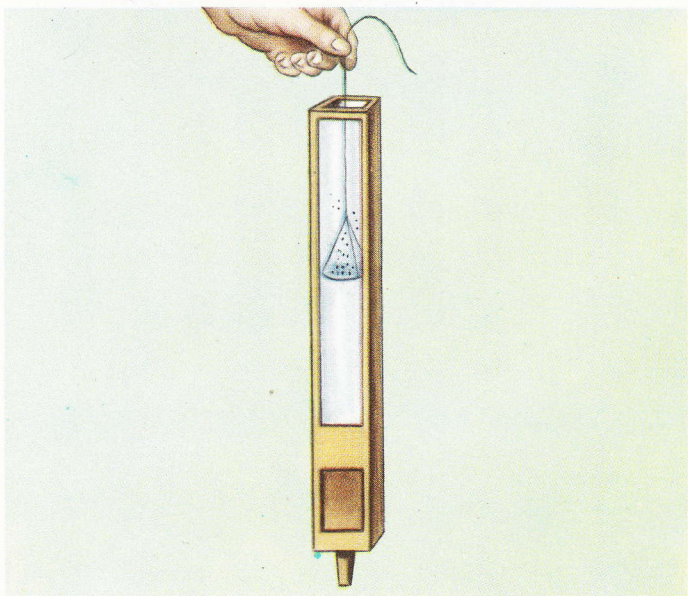
pouvoir obtenir une gamme de sons bien plus étendue. Revenons au sonomètre; tendons une de ses cordes en y attachant par exemple un poids de 200 grammes, faisons-la vibrer, nous obtiendrons la note *do*; multiplions le poids par 4 en le faisant devenir 800 grammes: le son deviendra *do* 2 (de la seconde octave). Et si le poids passait à 1800 grammes, c'est-à-dire neuf fois plus grand, le son deviendrait *sol* 2. En conclusion, si les tensions sont 1, 4, 9, 16, le nombre des vibrations est 1, 2, 3, 4, qui sont respectivement les racines carrées de 1, 4, 9, 16. Donc le nombre des vibrations d'une même corde croît en proportion des racines carrées de la tension.

Toutes ces lois se vérifient également pour les colonnes d'air qui vibrent dans les tubes (fig. 6).

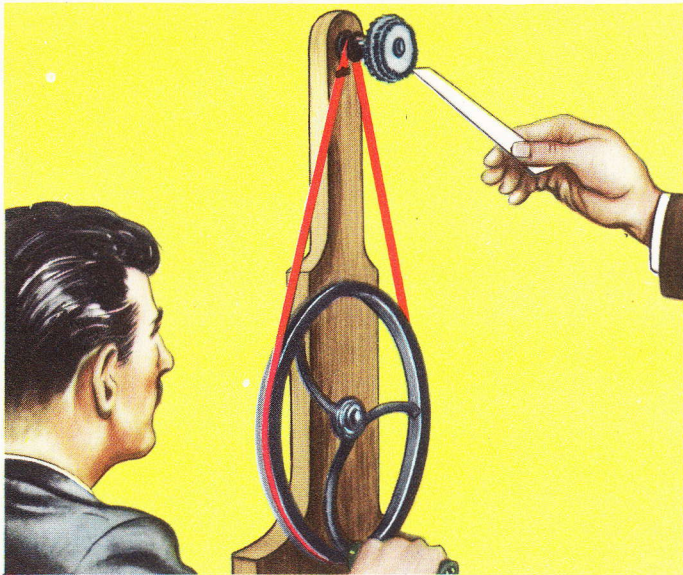
Le Français Félicien Savart (1791-1841) fit tourner rapidement plusieurs roues dentées; il en approcha des lamelles de bristol et obtint des sons plus ou moins aigus suivant le nombre de dentelures. C'est de la même façon que fonctionne



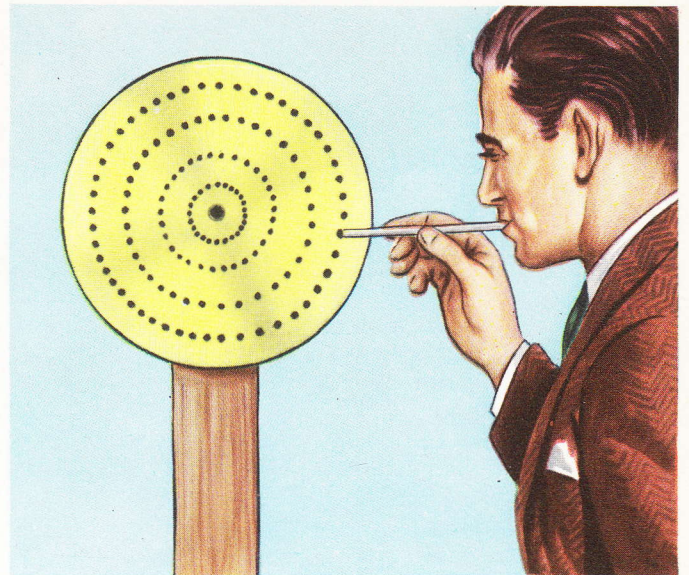
*Le nombre de vibrations produites par une corde convenablement tendue est directement proportionnel à sa longueur. Si par exemple une corde d'une longueur de 90 centimètres émet la note *do*, pour obtenir la note *ré* nous devons réduire sa longueur de  $\frac{2}{8}$  car la proportion des vibrations du *do* et celle du *ré* de 1:  $\frac{9}{8}$ ; nous aurons donc:  $90 \times \frac{8}{9} = 80$  centimètres.*



*Voici une expérience basée sur les observations du physicien Melde. Si nous plaçons dans un tube sonore un plateau contenant du sable très fin, nous remarquerons que les granules correspondant aux nœuds demeurent immobiles, tandis qu'ils s'agitent quand ils traversent l'onde stationnaire, c'est-à-dire le point de rencontre des ondes, provoquant la forme renflée du ventre.*



En rapprochant un bristol de quelques roues dentées en rotation, Savart remarqua qu'elles émettaient des sons de hauteur variable suivant le nombre des dentelures.



Si avec un pipeau en verre on siffle dans les trous de la sirène de Seebeck pendant que cette dernière est en rotation, on entendra distinctement Do 1, - Mi - Sol - Do 2.

la sirène de l'Allemand Louis-Frédéric Seebeck (1805-1849), composée d'un disque comportant quatre séries circulaires et concentriques de trous équidistants entre eux dans chaque série (fig. 8). Le nombre de trous pour la série la plus proche du centre est de 24, qui devient pour les suivantes respectivement de 30, 36, 48.

Si nous faisons tourner le disque rapidement, mais d'une façon uniforme, et grâce à un tube à l'extrémité pointue, nous soufflons énergiquement de l'air dans les couronnes successives des trous, nous obtiendrons des sons avec la modulation *Do, Mi, Sol, Do2*. Le jet d'air rencontre tantôt le trou tantôt l'obstacle du disque, et c'est pour cette raison qu'il se forme derrière le disque des condensations et des raréfactions d'air à intervalles réguliers. Un autre physicien, le Néerlandais Rijke Pieter (1812-1901), réalisa à Leyde d'autres expériences avec un tube en verre à l'intérieur duquel, au 1/4 de sa longueur, avait été fixé un petit disque de treillis métallique chauffé à la flamme (fig. 9). Quand le treillis était presque incandescent, on retirait la flamme du tube en verre. Après une attente de quelques instants on, enten-

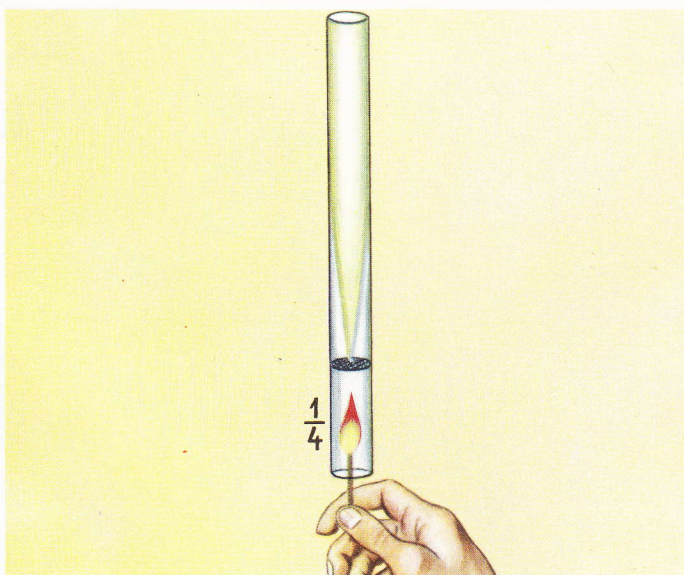
dit un son lamentable dont le ton s'abaissait jusqu'à cesser complètement quand le treillis était refroidi.

Ce phénomène acoustique s'explique par le fait que, lorsqu'un courant d'air se réchauffe et se refroidit périodiquement, il en résulte une succession de dilatations et de contractions alternées qui engendrent des vibrations sonores.

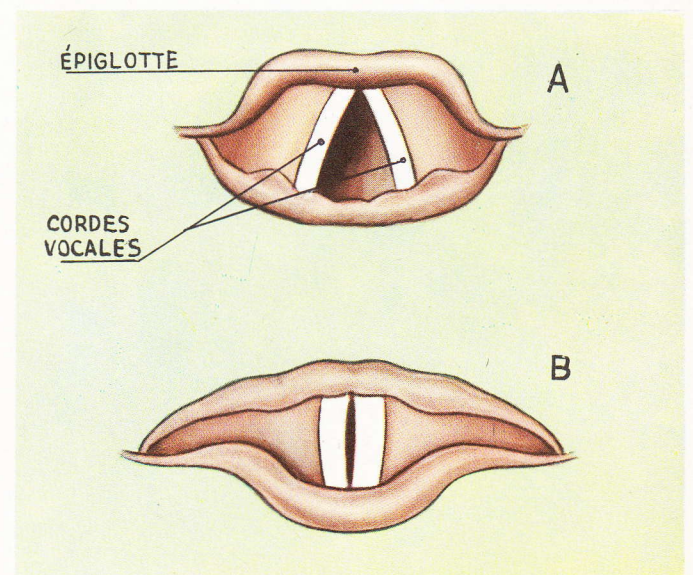
De la même façon, une flammèche d'hydrogène qui brûlerait dans un tube en verre émettrait un son que l'on pourrait faire varier à volonté selon que l'on abaisserait ou élèverait le tube. Ce phénomène est connu sous le nom de « harmonie chimique ».

Enfin il ne faut pas oublier l'organe vocal très précieux dont nous a fait cadeau notre mère Nature. L'air étant poussé par les poumons entre la trachée et le larynx, la partie supérieure de cette dernière se trouve fermée par deux membranes dites « cordes vocales » (fig. 10).

Quand un courant d'air provenant de la trachée heurte ces « cordes », elles se mettent à vibrer en ouvrant et en fermant alternativement la glotte, fractionnant de cette façon le courant d'air.



Dans l'image qui se trouve au-dessus du treillis métallique placé au 1/4 de la hauteur du tube de Rijke (qui prend son nom d'un physicien hollandais), nous voyons tracé le quart de la longueur d'onde, c'est-à-dire la moitié d'un ventre. En plaçant une flamme sous le treillis métallique, ce dernier s'échauffe jusqu'à ce que, devenu incandescent, on retire la flamme du tube.



L'organe vocal humain, qui peut produire une gamme de sons étendue, comporte surtout le larynx, qui comprend une membrane fibreuse constituant les cordes vocales. On trouve entre elles un espace (la glotte) que nous voyons au repos (A) et quand on parle ou au cours d'un effort (B). Elle sert à régler le passage de l'air qui fait vibrer les cordes vocales.

ENCYCLOPÉDIE EN COULEURS

# tout connaître

ARTS

SCIENCES

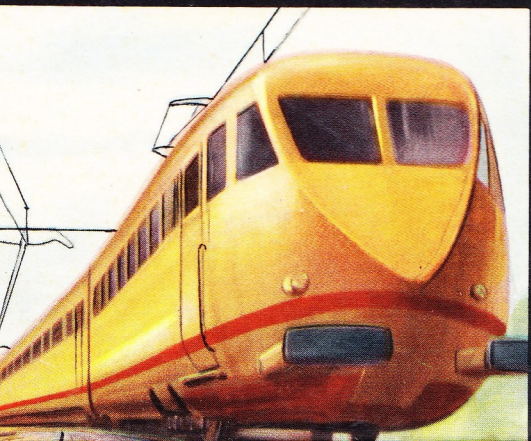
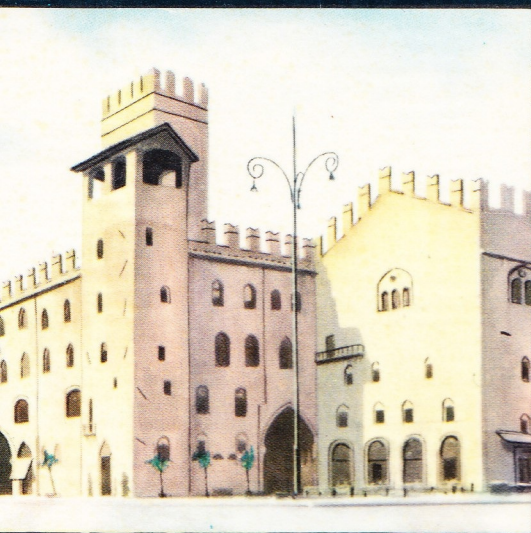
HISTOIRE

DÉCOUVERTES

LÉGENDES

DOCUMENTS

INSTRUCTIFS





**VOL. X**

TOUT CONNAITRE

M. CONFALONIERI - Milan, Via P. Chieti, 8, - Editeur

Tous droits réservés

BELGIQUE - GRAND DUCHÉ - CONGO BELGE

AGENCE BELGE DES GRANDES EDITIONS s. a.  
Bruxelles