Gruyer Chloé

Torre Alexis La Spectométrie FT IR

Diouf Idy

La spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier ou FTIR (de l’anglais Fourier-Transformed InfraRed Spectroscopy) est une technique analytique spectroscopique se basant sur le phénomène physique d’ absorption des photons de rayonnement infrarouge (rayonnement du spectre électromagnétique de longueur d’onde comprise dans une gamme de 750 nm pour les IR proches à environ 25 µm pour les IR lointains) par les vibrations moléculaires d’un échantillon .

**Principe Physique :**

La spectrométrie IR exploite le phénomène d’absorption d’un rayonnement infrarouge par une molécule. Cette absorption se réalise suivant des niveaux discrets d’énergie, imputables aux mouvements de vibration des liaisons moléculaires. En effet, les molécules sont toujours en mouvement. Ces mouvements moléculaires peuvent revêtir trois aspects : rotations, translations et vibrations; seules ces dernières sont détectables en spectrométrie IR.

Or, ces vibrations ne sont pas possibles pour toutes les énergies d’excitation car les états d’énergie des molécules respectent les lois de la mécanique quantique; seuls des quantums d’énergie (états discrets d’énergie) bien déterminés produisent des vibrations.

On peut y faire une analogie avec un ressort. Toute molécule possède une énergie qui est fonction de la distance atomique. Ceci est présenté par la courbe de Morse :

![Une image contenant texte, carte

Description générée automatiquement](data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQEAYABgAAD/4RDyRXhpZgAATU0AKgAAAAgABAE7AAIAAAANAAAISodpAAQAAAABAAAIWJydAAEAAAAaAAAQ0OocAAcAAAgMAAAAPgAAAAAc6gAAAAgAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAGFsZXhpcyB0b3JyZQAAAAWQAwACAAAAFAAAEKaQBAACAAAAFAAAELqSkQACAAAAAzUwAACSkgACAAAAAzUwAADqHAAHAAAIDAAACJoAAAAAHOoAAAAIAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAyMDE5OjExOjE5IDE4OjM4OjMyADIwMTk6MTE6MTkgMTg6Mzg6MzIAAABhAGwAZQB4AGkAcwAgAHQAbwByAHIAZQAAAP/hCx9odHRwOi8vbnMuYWRvYmUuY29tL3hhcC8xLjAvADw/eHBhY2tldCBiZWdpbj0n77u/JyBpZD0nVzVNME1wQ2VoaUh6cmVTek5UY3prYzlkJz8+DQo8eDp4bXBtZXRhIHhtbG5zOng9ImFkb2JlOm5zOm1ldGEvIj48cmRmOlJERiB4bWxuczpyZGY9Imh0dHA6Ly93d3cudzMub3JnLzE5OTkvMDIvMjItcmRmLXN5bnRheC1ucyMiPjxyZGY6RGVzY3JpcHRpb24gcmRmOmFib3V0PSJ1dWlkOmZhZjViZGQ1LWJhM2QtMTFkYS1hZDMxLWQzM2Q3NTE4MmYxYiIgeG1sbnM6ZGM9Imh0dHA6Ly9wdXJsLm9yZy9kYy9lbGVtZW50cy8xLjEvIi8+PHJkZjpEZXNjcmlwdGlvbiByZGY6YWJvdXQ9InV1aWQ6ZmFmNWJkZDUtYmEzZC0xMWRhLWFkMzEtZDMzZDc1MTgyZjFiIiB4bWxuczp4bXA9Imh0dHA6Ly9ucy5hZG9iZS5jb20veGFwLzEuMC8iPjx4bXA6Q3JlYXRlRGF0ZT4yMDE5LTExLTE5VDE4OjM4OjMyLjUwMzwveG1wOkNyZWF0ZURhdGU+PC9yZGY6RGVzY3JpcHRpb24+PHJkZjpEZXNjcmlwdGlvbiByZGY6YWJvdXQ9InV1aWQ6ZmFmNWJkZDUtYmEzZC0xMWRhLWFkMzEtZDMzZDc1MTgyZjFiIiB4bWxuczpkYz0iaHR0cDovL3B1cmwub3JnL2RjL2VsZW1lbnRzLzEuMS8iPjxkYzpjcmVhdG9yPjxyZGY6U2VxIHhtbG5zOnJkZj0iaHR0cDovL3d3dy53My5vcmcvMTk5OS8wMi8yMi1yZGYtc3ludGF4LW5zIyI+PHJkZjpsaT5hbGV4aXMgdG9ycmU8L3JkZjpsaT48L3JkZjpTZXE+DQoJCQk8L2RjOmNyZWF0b3I+PC9yZGY6RGVzY3JpcHRpb24+PC9yZGY6UkRGPjwveDp4bXBtZXRhPg0KICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICA8P3hwYWNrZXQgZW5kPSd3Jz8+/9sAQwAHBQUGBQQHBgUGCAcHCAoRCwoJCQoVDxAMERgVGhkYFRgXGx4nIRsdJR0XGCIuIiUoKSssKxogLzMvKjInKisq/9sAQwEHCAgKCQoUCwsUKhwYHCoqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioq/8AAEQgBBgIqAwEiAAIRAQMRAf/EAB8AAAEFAQEBAQEBAAAAAAAAAAABAgMEBQYHCAkKC//EALUQAAIBAwMCBAMFBQQEAAABfQECAwAEEQUSITFBBhNRYQcicRQygZGhCCNCscEVUtHwJDNicoIJChYXGBkaJSYnKCkqNDU2Nzg5OkNERUZHSElKU1RVVldYWVpjZGVmZ2hpanN0dXZ3eHl6g4SFhoeIiYqSk5SVlpeYmZqio6Slpqeoqaqys7S1tre4ubrCw8TFxsfIycrS09TV1tfY2drh4uPk5ebn6Onq8fLz9PX29/j5+v/EAB8BAAMBAQEBAQEBAQEAAAAAAAABAgMEBQYHCAkKC//EALURAAIBAgQEAwQHBQQEAAECdwABAgMRBAUhMQYSQVEHYXETIjKBCBRCkaGxwQkjM1LwFWJy0QoWJDThJfEXGBkaJicoKSo1Njc4OTpDREVGR0hJSlNUVVZXWFlaY2RlZmdoaWpzdHV2d3h5eoKDhIWGh4iJipKTlJWWl5iZmqKjpKWmp6ipqrKztLW2t7i5usLDxMXGx8jJytLT1NXW19jZ2uLj5OXm5+jp6vLz9PX29/j5+v/aAAwDAQACEQMRAD8A+kaKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAorzf4u/Etfh7HoYiIaS7vkM69T9nU/vMe5zgfjXo0UqTwpLCweORQyspyGB5BoAhtL1LxrgIrL5Epibd3IxyPbmrFVrT7TuuPtSoB5x8rb3TjGffrUsVxFNJLHE4Zom2uB/CetDFG7VySiiigYUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABUcFxFdQiW3cSISQGHscGpKpaSQdOQrbG1G5v3R7fMefx60+gr62LtFFFIYUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUVFNdQQSQxzSpG877IlY4LtgnA9eAT+FS0AFFRRXUE8s0cMqSPA+yVVOSjYBwfQ4IP41LQAUUUUAFFFFAFX+zbP+0jqH2dPtZTZ5vfb6Vaoop3bAKKKKQBRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFB6UAFFc3aeKZLp75EggaS0f5o1nyyrnBDDHB7+hro1O5QR0IzQBynjLTLG61Lw/Lc2cEsj6mkLO8YYtGYpTtJPb2rqIIIrW2jt7aNIoYkCRxouFRQMAAdgBWD4r/4/PDn/YYT/wBEy10VAFDTFt1kvfs0ryE3LGTcPuvgZA9qq6RxrutKOnmxt+aVesmkM94HthCqz4RgP9aNqnd+ZI/CqWm8eJ9aXGB+4I9/kOamXxL+uhrQ/hzXl/7cjYoooqjIKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAqppglWwQT3C3L7mzIpyDyf5dKt1Q0YwNpaG0jaKLc+FfqDuOf1p9CX8SL9FFFIoKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAbK/lQvJjO1S2B3xXnNh4q1Ga68P3V5qJg/tKaee5twqlIrdPlRMYJB3Mh3devavSKqrpdgsokWzgDqSQwjGQT1oA4nRtf1nUNXna4laK1kt57y1uIsSx3FuWHlcZBiZUZcgqSxzzjim+H9e1nVLnSbT7dtY6XcX90xRWxucJArcdvnPbO2u0udLiksLi3tP9DeZCnnQqAy/SqeieGbbR7m6uxiS6u0SOVwoA2ICFUD05J+pNAHH6Rq2sX0Ph3bq1wZNWuriQZCnbZqW28YwSRs+Y880yTxJqlx4btZLPVHgmu9ZNvaFlDMYWnIj3EjBHlq7YPONuT6+jx2VtEYjFbxIYU8uLagGxfQegrG1Lwpb3+raVcq6RW2nyvN9kWJdkrshTcfcAnFAHC2N3c638XngudRuzpmjuZLViynzHbEfBxyM+YPx7Vpp4m1bUNFtNUhnkjvb/VGgt7BMYit0lZG3DHJ2qWJPTOBjv3yWFpFIkkdtCjxrtRlQAqPQfmfzpY7G1hmaWK2iSRiSXVACc8nn3oA8v03U77SvCFxqWl3EtxqWu6tGgabaVt0mm8tZDxjIRR14zt4r0PRVuEFwtzciXDDanm+aycc5bA5PXA4Harg0+zW2a3W1hELHJjCDaT64/CpYoY4E2QxrGvooxQA+iiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACoLpLl1j+xyxxkSAyGRC25O4HIwff9KnoPQ56UAeSaje22r+NXeTw/4c1G+s7oRrOzp9oUA9w+M49QTj0r1peVH0rzubwnceI5plj+wPpLXDZTUdP/0iPB5MciuMg9twzXV+GdMn0izuLSSIQWyTt9lhE5m2x9uSAQD/AHe3rQBX8V/8fnhz/sMJ/wCiZa6Kud8V/wDH54c/7DCf+iZa6KgCnZcXuoD7V5379T5ef9R+7T5fx+9/wKqVn8vjDUh/egib+Yq3aNH/AGrqCpbNE+6Nnl7S5XAP4YxVSP5fG06/37FG/JyKme6NcP8ADNeT/M2aKKKoyCiiigAqm9rdtq8dyl+y2qx7WtPKUh25+bd1HUce1XKKAMtdO1MafcwnWXM8r7op/s6ZhXI+UL0Pfk+tSmyvjNZONUcJAuJ08lf9IOOpP8P4VfooAzksdQX7fu1V2+0f8e/7hf8ARevT+91HX0pp0/Ujb2SDWHEkD5nk8hP9IGehH8P4Vp0UAURaXo1G5nOosbeSPbFb+SuIWwPm3dT0JwfWq7abqp0mO2GuOt0sm5rv7MmWXn5dvQdRz7VrUUAVDa3Z1YXIv2FqI9ptPKXBb+9u6/hVC0stYk0SWK51fbeSSlkuI4UPlrkYUDoeAefetqqekqiaVAI7eW2ULxFKTuXnvmn0J+0hps703lpINSYRQptmh8lf35x1J6r68VGlhqKpfBtXdjcMTbnyF/0YZPA/vdR19K0qKRRmtYaiUsQurupt2BuD5Cf6SMjg/wB3oenrTxZ3wu7uQ6mximTbDF5K/uDj7wPVvXBq/RQBlNpuqHS4LddbdbmOTdJdfZ0zKvPy7eg6jkelWRa3Y1Y3Jv2NqY9otPKXAb+9u6/hVyigDKXTdUGkyWza3I100m5br7MmVXj5dvQ9+ferBtL06jbTjUWFvFHtlt/KXEzYPzbuo6g4HpV2igDMGn6kLe9Q6w5knfMEn2dP9HGegH8XpzTmsdQP2Dbqrr9n/wCPj9wv+k9Ov93oenrWjRQBQFlfCa9Y6mxSdcQJ5K/6OcdQf4vxqI6fqR0+2hGsuJ4n3S3H2dMzLk/Lt6DsMj0rUooApra3Y1aS4a/ZrVo9qWvlLhG4+bd1PQ8e9Vf7M1T+yDbf25J9q8zcLv7MmQv93b0/GtaigCk1peHVIbhdQZbZI9slr5S4kbn5t3UdRwPSoRp+pCyuojrLmaV90M32dMwDP3QOjemTWnRQBnmyvzJYkaowWBQLhfJX/STgcn+736etC2N+Gvy2quwuARbjyV/0bryP73UdfStCigDMOn6kbS0jGsOJYXzNL5CZnGehHRfTipltLwanPcNqLNbSR7Y7bylxE2B827qeh4PrV2igDJbTdUOkrbDXJBdCTcbv7MmSv93b0/GrTWt2dWS5W/ZbUR7WtPKXDNz827r+HtVl5Y4wTJIqgdSxxWfceJdEtW23Gr2Ubf3TOuT+Gc0m0ty405z+FNiLp2pjTbiBtaka4kk3RXP2dMxLkfLt6HoeT61KbK+NzZuNTYRwpiePyV/0g46k/wAP4VU/4SzSW/1L3Vx/172M8v8A6ChpP+ElDf6nR9Xl/wC3Mpn/AL7IqeePc1+rVusWvXT8y0thqAF/u1Z2Nwf9H/cL/o3Xp/e6jr6UhsNRMNio1dw8DA3D+Qv+kjPQj+H8PWq39v3p/wBX4X1hx3O62X/0KYU+HWdRmuI4z4a1GBGYBpJprbCDPXCysTj6U+df0hfV5rt/4Ev8y0LO9F/dTHUmMEqbYoPJXELYHzA9T64PrUun29za2SRXt4b2YE7pmjCFueOBxVmiqMAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKD0ooNAHmdlpcEmpardWd5f21zFcea621923fMGQ5GfwHFelqcoCOcivOtUFrqGvrqL+AlvZopxGt8PLkbg4+cKSykdeVP4V6Kv3Rxjjp6UAc94r/wCPzw5/2GE/9Ey10Vc74r/4/PDn/YYT/wBEy10VAFSHzv7WuQ86NF5UZSEEbkOWyx9jgf8AfJqjL8njaA/89LFl/J8/1q0pt08RShY5Bcy2qbpP4Siu2B9QXb86qX/yeLtJb+/DOv5BTUz6fI1w28l5S/Jsv6pqlpo2nyXuoSiKCPGSepJ4AA7kngCsufxLNaLaSXekXMUd5cRW8JDBmDOwALqPugDJPXpWZ45gd9Z8L3Fzn+zLXUvMuiBkK2xhGzf7IbH6V0SX0GoXyRW6JcxxAyNN1Eb9FA98E/T8aoyNCivM4LrWNW0yxkSadNfvNTdpQpIWygSRlK4PAG0DqPmJ71Faarfq2j2r3F2jXeuXFxOiliY4Ig+yIn/bZY+D1y1AHqNZema2mpavqunpA8b6ZKkUjk5VyyBxj/gLKfxFc7pOky6t4q1me4vdQS3s72JYAkxVXZF3Nx0wdwBx1Arl1bWbO2kvdDhlfW7rVL+/vly22OJS8caEdPupCAO5Ge1AHr1Zet62mi/YvMgeb7ZcpbKEIyGbofpxWR4QglENrPdah9quXtAZtqsSzHBJdiSMg5AGBgZqLxPENR8ZaRbTxyva6fDNqEwTI3EDaq8deSeO9AHYUV5pY6hqk2h+FrO7mmgtbm5lbUZ8sCEWNpFhDdcFiFPsjCqy3F9qPhFEhudQjnvdbEUAEjgwRGXPB6gLHG+B0G6gD1SiuD1DRjY+MNJsra+1F7aWS5vrkPOxVI1UgxjH8JZ04P8Ad9STWZpk99Ha+G7h2u1e81Ge6bczHy7ZVcLCBn+JnjGPx7UAen1W06KSDT4o5rj7Q6jmX+9Xn2qahqd1Z69I7zLqy6h9l02BGZRDGm0+Zj3BYlvTj2rMtYbi38L6tPZXV5IJdVhsrCR5GxEF8tJJwOMEsJDn2AHXl9CftHqs135V7Bb+RM/nBj5iLlEx/ePbOeKsVxB1G9HjjUJrdbmSO303fHA2cSSMN4GPQAAeuSax9Cmu7/UdHhbUbma+TSJNS1Vo5G+eWQALHjoACXCjsFpFHp9FeWabrOqxvoUUclzPPFY3d7LbqW2yzMQkUJ9QoZjg9MA10PghLmaw0281HUftN9NaiW5Cq24u4yQ5JwACcBQBjFAHZUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFZ9/rmnaadt1cqJD0iT5nb6KOaTaW5UYSm7RV2aFFYX9p63qAP8AZelraRnpcai2PxES/MfoStA8Ny3fOu6td3+Tkwxt9nhHttTBI9mZqnmvsjb2Kj/Ekl5bv8NPvaLl5r+l6fKYrm9iE3/PFDvk/wC+Vyf0qr/b13dD/iWaNdSjs9wRCp/Pn9K0LLS7DTo/LsLOC2X0ijC/yq3RaT3Yc1GPwxv6v9F/mYnleI7rPmXFlYqegjjMrD88CgeHZJsfb9Y1C49VSQRKfwUZ/WtuijkXUPrE18Nl6JfnuY6eFNEX/WafHcH1uSZv/Qya0reztrRdtrbxQD0jQL/KpqKpRS2RnKrUn8Um/mFFFFMzCiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACuW1HUNbfUINP8xNMeS6IS4RBKs8W0kAbujZ4I/KuprK17w1pPie0jtdds0vLeN94ik+7uxjP1GetAHn8mlWlvNf6pYWmpJPb3Aa6Us9vKxLDLKyko45zj+VeqKcoD7d64W5+GMVrayR+Gtc1bTUdlLWrXRngcAgkFZNxHTsRXdKMKAewoA57xX/AMfnhz/sMJ/6Jlroq53xX/x+eHP+wwn/AKJlroqAKri7/taIps+xmB/M4+YSbk2/hjf+QrP1n5Nb0ST/AKbvH+aE/wDstWb1bZda02WZ3WcmWGEAcNldzA/hHn8KreI/k/sub/nlqEZ/MMv/ALNUz+E1wv8AFa9V96NkgMpDAEHqD3pERY1CxqFUdAowBTqKoyEwASQME9fejauc7RnOelLRQAYx0oAAJIGCevvRRQAgUKMKAPoKXHOe9FFACbV24wMemKMD0HXPSlooAMUmBxwOOntS0UAQXp2WNxIsPnMImIjA5fg/L+NFogFlCvkiEbB+7x932puo7v7NuBHOLdihCyn+A+tTxAiFAW3EKMt6+9PoT9odgZzjmsuy0C3svEF7q6SzPcXsaRuHbKqqlioA7cs351qUUihAqg8KB+FAAXOABk5OKWigAooooAKKKKACiism/wDENvbXBs7NHvr7/n3gGSv+8ei/jSbS3LhTlUdoo1qxrnxLai5ktNMjk1O8jO14rblYz6O/3V+hOfaoTo2oawN2v3bRQH/lws3KqR6O4wzfQYH1rZtLO2sLVLaygit4IxhIokCqo9gKn3ntobctKn8XvPy2+/r8vvMj+ztY1TnVb4WUJ621icH6GQ8n8AK0NP0bT9MB+xWqRu33pMZdvqx5NLeatY6fIsd3cpHIwyE5LY9cDnHvUtpfWt/Gz2U8c6o2xijZAbGcfXkU1FLUiVecly7LstF/wfmT0UUVRiFFV7zULXT40kvZ0gR3CKznALHoKsUAFFFV7jULS1ure2uJ0jmuWKwox5kIGSB+FAFiiiobq7gsbZ7i7lWGFBlnY8CgCaioVu7drP7Ws0Zt9nmebu+XbjOc+lJZ3ttqFqtxZTLNC/3ZEOQfpQBPRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAc74r/4/PDn/YYT/wBEy10Vc74r/wCPzw5/2GE/9Ey10VAFS+M4ktDbQJNiceYW6ohUgsOevP5E1R8VjGgNKOsNxBJz6CVM/pmrmrhP7PLy3TWqRSxytKvYK6tg+xxg+xqt4pQyeEtU2DLLayOo91UkfqKmfwM1wztiI+q/M1gcgGio7eQS2sUi8hkDD8RUlUZtWdgooooEFFFFABRRRQAUUUUAFFFFAFHWHiTSpTcQtPGSqtGpwTlgP65q6AFUAdAMCquo+f8AZ0FrMkTmVclz1GeQPfFW6fQlfEwooopFBRRRQAUUUUAFVdQ1Oz0q1NxqE6wx5AGeSxPQADkk+g5qhqGuMt22naPELy/H3xn93Bnu57fTrTtO0FYLoX+pSm+1HHEzj5Yh6IvRR79TUczekTojSjFc1XTy6v8AyXn9yZVCav4g5m83SNOPSLpczD/aP/LMew+b6dK17DTrTTLcQWMCQx9SFHU+pPc1aopqKWpM60pLlWi7L+tfmFNlfy4XcKWKqTtHf2p1FUYnG/DhTdeG38Qaiwkv9SlkmmlY8ooYhUHoFAAxUqXkOlX+n6P4eiCvrMkt888ifKicFmxxycgD9a2I/DWmQySeTE6RSOZHt1kIiZick7enPcdD6VYvdJs7+aKW5izLCGVJEYqyg8EZHY0AchY+NNSu9Ss7ZUhaOTVbmyE20gTRQ7y8voAAoHHVj2HFE3jHVpvCMGq2KWgmutRW2t0YFgytOI0yM55XcxPoK6qTw9pckFrD9kREswwgEZK+WGGGAx2I60yDwzpFta2tvDZIsVnMJ4FySEcAgH8AxxQBzPiSHVb260bR9SuLUtNqj3PmRxnatvEC67s8bsge316mvoPjzVPEtwbSysnBt7YTTzRRjMjM7LGFDsFAKoWJJPUAV22oaTZaps+2w7zHkKQxUgEYIyOxHFR/2BpqzCSK2ELCJYT5TFAyLnapx2GT+dAEer6ydB8K3Or38XmPa23myRw87mA+6v1PFcZe6pcjxhp11rskL/2Po8uqzQwpjZLJlERTnn5Vl688E+w9BuLK2u7F7K4gR7aRPLaIj5SvpVCLwxpEV5Jdi0DzyxCGR5GLF0G4AHJ7B2H/AAI0AU/DOqaxq0FteX9t5ENzbiYoVACE4KqvJY8HkkD2q94hiW70v7A+CLx1hOewJ5P5VYstLtNPVRbRkbE2JuctsX0GegoutJs729t7u4R2mtzmIrK6hT9AQD+NAHmsmoTTfBhbC3OJRGunf700knkoo+hYMfYDsTXZXV+dHv8ARvDGjxKjzQnErrlYYYwATjux4Aq5c+E9Fu4oIprIeXBP9ojVJHQLJndvwpGTk5zVu80iyv5YpbmImWFWVJFcqyq3UZBzzQBxdt4w1zUNRs7KxFr++1O6slmdCRNHCJC0vHTBVF4yCSeO1XfEninVPDem2n2yITSrbySX1xZRGRbcgfKzLyyxnnLBTgKeK6WHQ9Nt7izngtI43soXht9owI0cqWAHvtXmku9D06+uJJrq2V3lj8qU5I8xP7rY6jk8e9AHP/8ACTate69c6VYWoZ7C2he5mhUFHmkBIUFyMIAMk9eRiuujLGNTJjfgbtvTNU5dGsZr2S7eHEsqqspViBIFzgMAecZP51dACqAowBwAKAFooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigDnfFf/AB+eHP8AsMJ/6Jlroq53xX/x+eHP+wwn/omWuioArakofTbgNbi6Hln9wf8Alpx0pWX7dphWRSn2iHDKf4dw6frU0gLRsFOCQQCKraXn+zIFa5W6ZF2NMpzvIOD+op9CU2p3RU8LTm58I6TK332tIt49G2gEfnmtasTwkdmiPb97W8uYMegWZ9v/AI7trbqIfCjpxCSrTS7v8woooqjAKKKKACiiigAooooAKKKKAKGp/Z3msYrlZGLXAaPZ03AHr7VfqtOLk31r5SoYBuMxbqOPlx+NWaZK3YUUUUigooqOeeK1t5J7mRYoo1LO7nAUDuTQNJt2Q9mCKWcgKBkk9q56S+vPEcjW+iyNa6eDtm1AD55PVYv/AIvt255DVjuPFbiW4D22ijmOHlZLv/abuqeg6nv6V0UcaQxrHEioijCqowAKz1l6HVaNDfWX4L/N/gvXavp+m2mlWi21hCsMQ5wOSx7kk8kn1PNWqKK0StojllJyd5O7CiiigQUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQBzviv8A4/PDn/YYT/0TLXRVzviv/j88Of8AYYT/ANEy10VACEZqlpZiVbmC3tmt0hnZcNn5yfmLD2JJq9jNVIROupXIlnR4mVWiiB+ZOxz7E0yXumZ+hZh1jX7Y9FvVmT/deGM/+hB626xIf3Hjq6XtdWETge8buCfykX8q26zhsdWI1kn3S/JfqFFFFWc4UUUUAFFFFABRRRQAUUUUAUGEEmvp+9bz4oCfLx8u0nr9eKv1UgMrapdeZbqkaogjlx8z9dw+g4q3TZMeoUUUjMqKWchVAyST0pFDJ54rW3knuJFiijUs7scBQO9cmtzP4ovbW5No8+jmTMUYYBX2n/WSZ7Z6L+JqRoZvGeoK8wT/AIRuHcBE2d1844DEdox29Tz6V09tbQWdslvaxJDDGMKiDAArLWb8jv8Adwy7z/L/AIP5eu1VbG8kW6S6v22THEQt4xGYV56HJyenPtStphP2bbfXifZz2kB83no+Qc1eorTlRye1l/X3Ge8l/ZNdzzlbu3A3QxQxkSD1XrhvrxVu2nW6to5owwWRQwDLgj6ipaoXNiEvH1O2R3u1gZBEJdqzd1DdR1744yaWqHeM9Ho/6/q5foqCzuTd2UVwYZYDIgYxTLtdD6EetT1Rm007MKKKKBBRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAc74r/4/PDn/AGGE/wDRMtdFXO+K/wDj88Of9hhP/RMtdFQAGs+4NvBrlrI6P588bQq4+6APmwavnpVa/wDtIije0eNSsqmTzMYKfxc9qaJlsZ2p/uPFei3HaQTWxP8AvKH/AJxitusTxR+6sLW8Gf8ARbuKU4/u7gG/Qmtus1u0dVTWnB+q/G/6hRRRVnOFFFFABRRRQAUUUUAFFFB4FAFLTtjPdzR3LXCyXDYBziPAClR+Kn86u1T0lt+lQS/ZPsZmBlaD+4WJY56c5OT71cpvcmHwoK52+d/EepyaVbsRp1scX0q/8tG/54g/+henSp/EOo3MYi0vSP8AkI3vyq4Gfs6fxSn6DpnqcVo6bp1vpOnRWVmm2KIYGTksepYnuScknuTWT952OyH7mCqP4nt/n/l9/QsRRpDEscSBEQBVVRgAelOoorQ5dwooooAKKKKAMu+8vS7mTVne4ZGRY5Yk+ZRzw+O2M84rTBDAEcg9KXr1rP095beaSyv72O4uGd5YRgBzDu4yP9nO3I9vWp2Zr8cfNfl/wDQoooqjIKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigDnfFf/H54c/7DCf8AomWuirnfFf8Ax+eHP+wwn/omWuioADUF7aR39hPaT58udDG2DggEY4qc0UCaurMxrxotb8GzNbh9k9sSquMMCB0PvkYq9pVz9s0e0uD1khVj9cc/rRafafOvI7sR7BNmDZ3jKjqPXduHvis/wsTHps1k33rK5khx7Bsj9DUvSZvC8sO0+j/PR/kjboooqjEKKKKACiiigAooooAKq6mxXS7gJcpaSPGY453PCO3yqf8AvoirVUNT8qWSztZ7Zp0nuFPBIEZQGRWOPRkXj1IprcmXwl2NSkaqWLFQAWPU+9Q397Dp1hNeXTbYoULsfpViufuv+J74kSyHNhpjLNc+kk/VE+ij5j77feok7LQ6KMFKXvbLV+n/AAdh3h7S7hLm51rU2b7bfqv7o9LeMfdQfnk+9b1FFOKUVYmrUdWXMwooopmYUUUUAFFFFABWfqsZiRdQtrMXV5agiNQcNtYjeB7kD8wKzBrt3q/iC70vQvKSPTyFu7yVS4WQjIjVQRk45JzxmptH1i8NrfS+IRBaiG9e3gYZUSooA3YPctu49MdaTV0VCXLK5u0VWXUbN5Io0uomeZd0YDj5x6io31jTUWJmvoAsyeZEfMH7xeuR60yS7RXNQ+KVm8cSaWlxatYixinWQN8xkkcqig5wchT+Yrd+32n2z7J9oj+0f8893NAFiimySJDG0krqiKMszHAAqmda0xYPOa/txGHCFjIAAx6A+lAF6isrU9bt7fQNRv7S4ic2UTuxJyFIXdg/Xj86TQNZXU/D9veXUsCz+Sr3IRvljJXd36DBoA1qKo/21pnkmU39uEDBCxkAwT0B9KT+3NLyo/tC3BZigBkAO4dR9fagC/RVODVtPupUjt7yGR3BKqrZJx1/H2p7ajZpd/ZXuYln/wCeZYZ6Z/lQBZoqlDrOmzypHBfQSO7mNVVwcsMkr9eDx7UJf79SnhEluYIIwZGEnzo3oR2GO+aALtFUF1zS2Yhb+3JBUEeYMgtnb+eDirBvbVYZZWuIhHCSsjlxhCOxPagCeiore5hu4RLbSLIhJGV9R1FS0AFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAc74r/4/PDn/YYT/wBEy10Vc74r/wCPzw5/2GE/9Ey10VABRRRQBnXJtrTWba5laUS3I+yqB9zuwz+RA+tVbP8A0Pxjf2/RbyBLlfQsPkb+Sn8a079Lh7GT7F5f2gDMRkGVDVk605tr7RtVO0CO4+zTFTkBZsL1/wCugjqZ7J9jbDfHKn/Mv+D+a/E3qKKKoxCiiigAooooAKKKKACqeJX1jKXKeRFDteAH5t5IIJH0HH1NXKz9L8mY3N7HA8T3EpD7zy235QfYYFNEy3SHazqP9l6XLcInmTY2Qx/35Dwo/Om6Jpv9l6XHC7b52Jknk7vIxyx/OqAH9teKdwO600k49nnI/wDZQfzNbDX1sl6lo88YuHUssZbkgVmtXc66n7umqfV6v9F+vzJ6Khtby3voPOs50ni3Fd8bZGQcEfmKjbVLBGZXvrZWU4IMygg/nVnMWqKjhuIbmPfbyxyr03IwYfpWJoGvXWqa5rWn3ltHAdNkiRSjFt29d3NAG/RRRQAUUUUAcd4dsb/wzLrVn/Z01095qEt5b3ClRG4kwcM2crtIx06YxnpRqulaydf0q+kiOppZ6dcIqoyoPtblArkEjjbvAPOOfWuxooA8xu/B+uaTpdmNNt/t19a6VcxrJHIqg3cg+UncR8oycVp6X4TmXVvDguNOSKz0qxeIlmU5K/u4VIyfm8tmY9gSea7uigDz288H39zrF1b29stvbXOq2t1JdAqFW2twjpGgBzkyIBjGB8x9M3/Cnh6502RDqdpNNe/ariea6knHl5d22lVBOfl2jkDFdnRQBz3jPTbzVdHt7azR5Y/tsD3USMA0kKuC6jJA6Dp3Fcl/wimr6nbzxalo6R/bNcSeZmkQ7bYMHPQnj90iYHPJ7V6dRQB53d+HtevLfxFbPYqqatqcYyJVwLZSqDAz08uMEjrlyO1M1Hwzrly2solnstLrUrQtHFIoMtnE6BkUZ4+RSSDgncRXo9FAHmLeFtZ1SS8W/wBHWEXmsxzu7SIdtuoHGAx7IoI9WPaug1vw15/i3Sbyy02IwW3nXdxINo3zKhWFcdyTK5z/ALPPauuooA880TwzrNjdeG5JbJF8jz7i8PmL8k8rc5wecLkDGeT6CksPCeqztaW2owlCmrXGoahdM6kXALv5SJg5wUKdcYAx1r0SigDzax8K6zbJoLLp0cbDVZ9SvVEi/IxDJEpweQqyFuP+eYHelv8AwvrUzeJPKtfLhvrqELtkXdJbq6lwOe4L5zj0r0imuiyRsjgMrAhge4oA8ssdFl8Qpe69baeWFzrqoY1dA4tLbbHt645eEng9GOKtWXhnXZ9JsE1O0khRNZe+vYIpFMkoKuV5DYID7OM9vavQrHT7PTLUW2nW0VtCCWEcShVyepxVmgCho1qLTTygtWtd0juUebzHOWJ3M3qevU49TV+iigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigDnfFf/AB+eHP8AsMJ/6Jlroq53xX/x+eHP+wwn/omWuioAKKKKACufudPtrnTdS8PW/nRM0Jkjkc5ClySrKf8AZYZ/CugqpfCZfJmgmjiWKQNP5nAaPByM9sZz+FG6swUnCSnHdGLpGv63qekwXa6JHl1w4+1qMMDhhjHGCCKuf2hrv/QDj/8AAxf8Ki0eRbPXL6xRg0Fzi+tmByrBvv4Ppuwf+BVvVnFNrVnbWnTjP3YKz1W+z+Zjf2hrv/QDj/8AAxf8KP7Q13/oBx/+Bi/4Vs0VXK+5j7WH8i/H/Mxv7Q13/oBx/wDgYv8AhR/aGu/9AOP/AMDF/wAK2aKOV9w9rD+Rfj/mY39oa7/0A4//AAMX/Cj+0Nd/6Acf/gYv+FbNFHK+4e1h/Ivx/wAzAu9T15LV9mkQwyMNqO94uAx4Hb1qtd65rem6fElzpaG5mxBC32hT5kzDC/KAOM8nHQAntWxdeVdanBZzW7usa/afN5CKysAo9z1OPas/Tv8Aiea8+rN81nZ7oLIdmbo8n/so9s+tTJNJJM0oyhKUpygrL137b/0rmlo+mrpOlw2ofzJFG6WUjmWQ8s5+pJNY+oaVdr49s9XjtPtFrDZTIqo6grcO0Y3MCR/Am0Htz6101FWlZWRzSk5ycpbsp6VZDT9PSHaquWZ32DjcxJP86xbnw3qE13NLHJoAR3LKJdFZ3wT/ABN54yfU4GfSumopklDSLGbT7IxXBs2fcT/odqbdP++S7c++aw/Ddjqdr4w8Q3l7pslvbahLE8MjSxtkIm05CsSOa6uigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigDnfFf8Ax+eHP+wwn/omWuirnfFf/H54c/7DCf8AomWuioAKKKKACiiigDldTt30t4JbGyMMGkhXjZWJDwtkSJ+A5A9q6iKRJokliYMjgMpHcGq+oWEeo24ild49rB1aM4II/p2xXI6PqOrWuqXGg2UdvDFbsxtRfq6uyA8qCuQduVx/ssp9cRJ8rv3OilH2sPZ3s47enb5fk32O4orFz4n9NJ/OWjPif00n85aObyD2P95febVFYufE/ppP5y0Z8T+mk/nLT5vIXsf7y+82qZPNHbQSTTuscUalndjwoHU1kZ8T+mk/nLWJrmreIYLiLTZdO0u/N0PliR3+cgjg56AdSTwP0o511H9XlLSLTfr/AFp3L19NfTyNo0N15l1fSNK8kYwLW2zgfiQMfUnsK6K1torO0itrdAkUShVUdgKo6JpJ0y3d7mX7RfXDb7m4xje3oB2UdAOwrJ8VTTxeIvDiJcyW9vNeHz5M4VVSN32/VyFHPYHFCu3zMVSUYxVKGy6933/yOporK0WI+bqF2s00kN1cb4hIxIChQuVz0BIPt371R19L46gptLXXZk8sZbT7i3SMHJ4IkkU5/DHSqMDo6yLjxLp9tPcpIzlLSVYbiYLlInYAhSfXDKT6ZFVfD63q3kn2u11uFdnB1Ge3dCfYRyMc/UVyF7bzxeGfHOlyBvt15q7Pbx/xSLKsXllfUcEZ9VI7UAeoUVHAjR20aOcsqAE++KkoAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAoopGLBGKAFscAnGTQBz3iv8A4/PDn/YYT/0TLXRVwHie+8Tm80DzdFsFxqqGPGoMdzeVLwf3fHGea3f7Q8W/9ADTf/Bm3/xqgDoqK53+0PFv/QA03/wZt/8AGqP7Q8W/9ADTf/Bm3/xqgDoqK53+0PF3/QA03/wZt/8AGqP7Q8W/9ADTf/Bm3/xqgDoqyfEGhf21DbGK6ktLqzmE9vNH/CwBHI7ggkEe9U/7Q8W/9ADTf/Bm3/xqj+0PF3/QA03/AMGbf/GqNxxk4u6Lek60bmRrHU0FrqMXDxE8SD++nqD+la9cbrFnruu2n2fUvDOmyAHKOuqOrxt/eVhFkGqtmvxKs73500u8s9uBHc3GJF9DvSNQf++ajVbm7jCo7xdvL/J/5/id5RXH3V78QjHiz0fQ1cnrJeyMB+AUVkSaV8QdQvgdb+w3NhsIeyt75rdXb/eVN2PYsafM3sheyjH4pL5a/wDA/E6y+8QbrhrDQ4vt98Dtfaf3UHu79AfYc0nh3w3HoiSTTTPd39wxaa5kOSSTnC+i+1Z2mQ6/o1itnpfhfSraBTkImpt19STFkn3NW/7Q8W/9ADTf/Bm3/wAaos73YpVEo8sFb83/AMDy/M6KkZQwwwBHoRXPf2h4t/6AGm/+DNv/AI1R/aHi7/oAab/4M2/+NVRidFRXO/2h4t/6AGm/+DNv/jVH9oeLf+gBpv8A4M2/+NUAdFTTFG0iyMil1+6xHI/Guf8A7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxb/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxb/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxb/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxd/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8W/wDQA03/AMGbf/GqP7Q8Xf8AQA03/wAGbf8AxqgDoqK53+0PFv8A0ANN/wDBm3/xqj+0PF3/AEANN/8ABm3/AMaoA6Kiud/tDxb/ANADTf8AwZt/8ao/tDxd/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxb/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8Xf9ADTf8AwZt/8ao/tDxd/wBADTf/AAZt/wDGqAOiornf7Q8W/wDQA03/AMGbf/GqP7Q8Xf8AQA03/wAGbf8AxqgDoqK53+0PFv8A0ANN/wDBm3/xqj+0PF3/AEANN/8ABm3/AMaoA6Kiud/tDxd/0ANN/wDBm3/xqsHxrr3jbTPCV5eWGl2drcxBTE8N2Z2Zsj5fLMXzZ6dR9aAPQKK4r4deIfGWvabv8aeGk0hwuVmSXHmn/rkcsv4k12tABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQBnatpX9pzaa/m+X9hvFusYzvwjrj2+/+laNFFABRRRQAUUUUAFFFFABVTVNQXS9NmvJI3lWJdxVOp/wq3VDXNMOs6Fd6cs5t/tMZjMgXJUHrxQBX0LX/wC3UMiadeWsJijljkuEAWQOM4HuO/1Fa9Yut6fenw9DZaLK0JjkhVihwxhVl3AHIwSoI6g9cc1f0y3a006KF9+5ck+Y24jJJxn054HYcUAW6KKKACiiigAooooAKKKKACiuc+IOorpXw91q7ZN7rassS+srfLGP++2Wuf1HSx4U0zwrDppk/tU3VvayOJGJuF2/vS/PzdCeaAPQ6K44eMLO2g8Qa1Nb3aJp8kVrIrSEpnaGBC9FI80bj7DPSq+reKNRv4/D8ehxgNqN7kyJKuJIYwWbB/utgDPvQB3NFcvF42gudTggtLV5refUJNPScMBukjBMjAd1Uqwz6iq03j7yX1AyaZKkVhdW9s7s4y7TMiqqj+9+8BxQB2NFYH/CT+fqtza6fZSXUVlOtvdTqQBGxGTj1CjGT70zQvF0XiC5iNjbSGznWRopyDyqkAMfQNzjvxQB0VFYHiHVorbUdK02WG4Y310qq8EhQgrl+o6j5OR0x161mw+PTJJceZpksUdvfQ2bMzDLNKqsAB/eAcZHagDsaK4u58TXVp441eS8bydD0XTg9y28Y3tl92OpIVQMf7VTzeN2g0K71STTJhFbwrMBnsQTgn1wPzIFAHW0VyWoeM7zTIYZbjQrjbcPCsO2RfmMjKu3/eBccfX0ouvHK2ljczPYySPbXos3EbZBYsqgA9yS4GPrQB1tFc3L41s4bfUZTBKwtNQGnRBcE3E2F4X6MxH/AAE1k+MLq41bSNN0i5s5LW51DWobYfNz5cbGWR1PoY43GfegDuqK41dbtPFOsQJGlw+n2tzINyMVV5I+CzY6qCCMZ5Iqa18eQ3k1kbexmktr+G4uLeRSNxihKguV7Biy4+tAHWUVxVh4xVYtL+y6fdSnWbl1TzJiwU/OSQSfujyycDoCMdas2XjY3moPZLpsi3FtMkF0m7Plu3OBjrhSGPpnHWgDrKKp6tf/ANl6VPeeWZfKAO0HHUgZJ7AZyT6A1S8P61c65ZwXkmnSWlvc20dxEzuCfmGdpA745oA2aKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAxPE3hmPxRa29tc391awwXMVzstxHiRo3Dru3KcjIHHeprbQIo9TXUL26uL+6jUrFJcbQIgeu1VUAE+uM1q0UAc3B4LtrUztb3t0rz3j3blmBDMxkJVlxhhmVuvovoKSPwPp0A05bea4iWwSRFCsBvEjBnzxxkjtjjiulooA5S38AWNtd2EsV7diPT555oIcrtHmuzuDxk8sRnOccepMt34Hsby3mjkurpWm1L+0WkVhnzACFHTovGPQqp7V01FAGJZ+F7exa6S2ubhLa6uDcSwAjDMVCkZxnHA4zU2jaCmi2tra291O9taQ+TDCxAULwBnAG44HU1q0UAZOqeHrfVdW0+/nmmV7AsY0QgK2Sp54z/COnbI71nyeBrCSEI11dbv7Sl1JnDDLSOTweOighR7KK6aigDmr3wLpuoHVluprl4dUUiaLeMKTGseRx2VRjOQMmrmoeHF1XS57K+vrl45ym/aVUAKwbaABgA4we9bNFAGdqWi2+qS6a07yKun3K3KRoRh2VWVQ3sC2fqBWVH4GsYrRoUubkk3y3yuxUlZFbcOMYIzXTUUAcraeAbK0twi3t3JKt8b9JpCpIlMjyHIxg8yN26Y9Kt3/hO31K+028u727ebT5nlRt4G7djIIxwMLjjsWHet+igDF07w1b6ZafY4Lif7GplK2+QF/eMWOSBk8scZrMt/h7Z29xZyDUb0izsTYRJlVAi7DheucHPcgdhiutooA57TfBtlpkmlNHPcSDS45EhVyMEuFBY4HXC4445NWrXw9DZX15cWlzNCl5dfa5okIAaTaqnnGcEIOM1r0UAUtZ0xNa0O90yWaSCO8haF5IiAyhhg4z3watQwx29vHDCoSONQiKOwAwBT6KACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooA/9k=)

Fig 1 Représentation graphique de la courbe de Morse

Ce graphique présente l’énergie de vibration moléculaire en fonction de la distance internucléaire. Lorsque l’énergie est égale à 0, à l’endroit où il est écrit re, la molécule est totalement stable. re est de ce fait la distance à laquelle la molécule est la plus stable. L’asymptote présente au sommet du graphique indique l’énergie de dissociation de la molécule. La courbe harmonique ne présente aucune rupture de la molécule et ne décrit donc pas le phénomène étudié de manière approprié. La courbe de Morse est plus proche de la réalité.

Lorsqu’une interaction se produit, de l’énergie est absorbée. La molécule se met donc à vibrer, représenté ici par les états V=0 et V=1.

La courbe de Morse représente la variation de l’énergie en fonction de la distance interatomique. Cette variation tend vers une constante égale à l’énergie de dissociation de la molécule vers les grandes distances entre atomes. Cette même énergie tend vers l’infini quand les deux atomes se rapprochent à des distances infiniment petites. Entre les deux, cette énergie passe par un minimum à la distance re. Cependant, le niveau d’énergie re n’est atteint qu’au zéro absolu. Dès que la température s’éloigne du zéro absolu, les liaisons moléculaires vibrent. Ces niveaux de vibration sont représentés pas les droites horizontales v=0 et v=1. Le niveau fondamental est v=0, le premier niveau excité est v=1.

Pour une molécule donnée, le nombre de vibrations possibles est de ou , NON, n=nombre d’atomes dans la molécule.

De plus, la spectrométrie FT IR se base sur le principe qu’une énergie d’excitation est caractéristique d’une liaison chimique donnée: c’est en quelque sorte son empreinte digitale. De ce fait sur le spectre IR obtenu, on identifie les groupements chimiques présents dans l’échantillon, chaque bande traduisant le mode de vibration de la molécule. L’intensité sur le spectre de la vibration étudiée est fonction de l’intensité de la variation de moment dipolaire de la molécule d’intérêt.

Cependant ces données peuvent varier dans la mesure ou le mode de vibration de la molécule dépend d’autres facteurs, tels que les conditions pression/température du milieu ou encore l’environnement chimique de la liaison étudiée (quels autres groupements chimiques l’avoisinent).

En spectroscopie IR, les photons étudiés donnent toute leur énergie au changement de vibration moléculaire et « disparaissent » ce faisant; ce phénomène est appelé d’absorption.

Il me semble que votre présentation est un peu confuse. Faites des efforts de précision et d’exactitude quand vous écrivez.

**Instrumentation :**

Pour effectuer une mesure en spectrométrie FT IR, on utilise un appareil de mesure, l’ interféromètre ou spectromètre FTIR. Dans cet appareil, 2 rayons infrarouges suivent 2 chemins optiques distincts; seul l’un des deux faisceaux infrarouges traversant l’échantillon. Pour exprimer l’absorption des rayons IR par la matière, on exprime le rapport d’intensité entre les 2 faisceaux IR.

**Une image contenant carte, texte

Description générée automatiquement**

Fig 2 Schéma de l'interféromètre

Une source lumineuse cohérente et polychromatique de longueur d’onde dans l’IR proche et moyen va rencontrer une surface semi-réfléchissante, la séparatrice. Ce dispositif laisse passer la moitié de la lumière incidente, qui continue son trajet et rencontre un miroir mobile, et réfléchit l’autre moitié vers un second miroir, fixe. Le chemin optique des ondes va varier selon le miroir (fixe ou mobile) qu’elles rencontrent. Ce spectromètre utilise peu de systèmes optiques dispersifs donc l’échantillon reçoit une forte intensité lumineuse et les mesures sont précises.

Le miroir mobile pouvant être affecté d’une translation, il est possible de le décaler d’une demi-longueur d’onde l’un des faisceaux de photons afin de produire un décalage de phase entre les deux faisceaux lumineux, qui sont ainsi divisés : l’un des deux est retardé. En modifiant la position du miroir mobile grâce à un laser (dans le domaine visible, ce qui rend l’opération précise et le mouvement du miroir rapide), il est possible de créer des oppositions de phases ou des additions de phases à partir d’un rayon incident cohérent au sein duquel se trouvent à la fois des interférences positives et négatives. Ainsi il est possible d’isoler certaines ondes de fréquences données parmi la gamme de départ.

**Traitement et d’utilisation des données :**

Le spectromètre FT IR produit un interférogramme, qui exprime l’intensité reçue au niveau du détecteur IR en fonction de la position du miroir mobile. L’interférogramme ne peut pas être interprété tel quel, il est nécessaire d’effectuer un « tri » des signaux avant d’obtenir un spectre IR. Pour décomposer l’interférogramme en plusieurs fonctions sinusoïdales distinctes, on effectue la transformée de Fourier. Cette opération permet d’exprimer en une somme de signaux périodiques sinusoïdaux un signal de départ qui n’est pas forcément périodique. Cette étape est nécessaire pour mettre en évidence les signaux correspondants aux absorptions des photons par les vibrations des liaisons moléculaires de l’échantillon étudié, et de les caractériser par leurs spectres de fréquence respectifs.Le rapport ( ) est intéressant et parce qu’il est alors possible d’analyser beaucoup de longueurs d’ondes différentes en une mesure unique.

Une image contenant capture d’écran

Description générée automatiquement

Fig 3 Principe technique de la spéctrométrie FT IR

Cette opération permet de séparer les signaux selon leurs fréquences respectives, et donc de traduire ce qu’il se produit dans un espace spatial en un « espace fréquentiel ». Les valeurs obtenues en Hz sont élevées; elles sont donc exprimées en nombre d’onde, dont l’unité est le ]. Le nombre d’onde correspond aux valeurs de fréquence obtenues, divisées par la célérité de la lumière dans le vide ( ); les valeurs ainsi obtenues sont plus aisées à retenir, car exprimées sous forme de nombre a quatre chiffres faciles à mémoriser.

Le spectre IR obtenu à l’issu du traitement des données exprime l’absorbance [UA] en fonction du nombre d’onde [ ]. Les différentes bandes d’absorbance qui y figurent correspondent chacune à un mode de vibration d’une molécule: à cette étape il est possible de reconnaître les groupements chimiques de l’échantillon.

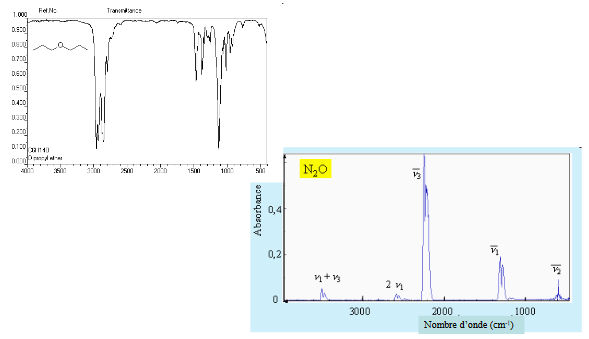


Fig 4 Spectres FTIR avec la transmittance en ordonnée pour le graphique du haut et l'absorbance en ordonnée pour le graphique du bas

**Applications en géosciences:**

La spectroscopie FTIR est adaptée pour l’étude de la structure moléculaire d’échantillons géologiques et la recherche de la présence de molécules d’intérêt. Les applications sont variées et peuvent inclure l’étude des inclusions dans les roches ou encore la présence d’eau dans les minéraux.

Cette technique peut être appliquée à presque tous les éléments sauf les gaz rares et les di nucléaires monoatomiques.

Cependant il convient de noter que cette technique a ses limites ; la spectrométrie IR n’est pas adaptée à l’étude de l’eau, qui a de larges bandes spectrales car les vibrations de la molécule H2O font beaucoup varier le mouvement dipolaire. De plus, certaines vibrations ont la même fréquence : elles sont dégénérées et donc difficiles à différencier.

|  |
| --- |
| **Points à retenir :**  FTIR: technique spectroscopique élémentaire basée sur l’absorption de rayons IR par la matière  But: étudier les vibrations moléculaires  Instrumentation: Spectromètre IR = Interféromètre  Traitement des données: Interférogramme -> Transformée de Fourier -> Spectre IR -> bandes d’absorption -> identification des groupements chimiques |