

Compte-rendu écrit
du projet expérimental et
numérique :
« IA pour analyser la
qualité de l'air »



La qualité de l'air, une préoccupation croissante

SOMMAIRE :

Introduction (p.3)

I. Réflexion et expérimentation sur la qualité de l'air (p.4-8)

A. Premières hypothèses en lien avec la problématique

B. Phase expérimentale et recueil de données

C. Difficultés rencontrées et modifications des biais de mesures

II. Analyse et traitement des données grâce à l'IA (p.9-15)

A. Observations et recherches de corrélations

B. Étude mathématique et modèle prédictif

C. Critiques sur les biais de mesure et les résultats

Conclusion (p.16)

Bibliographie (p.17)

Introduction :

De nos jours, il est clair que la qualité de l'air ambiant est devenue une préoccupation majeure dans notre quotidien. Effectivement, les lieux clos sont connus pour avoir une qualité de l'air inférieure à celle que l'on peut retrouver à l'extérieur. Cela peut tout-à-fait avoir des répercussions sur notre santé ou sur notre concentration. Malgré plusieurs facteurs possibles à prendre en compte (particules fines, humidité...), on peut notamment se focaliser sur le taux de CO₂ dans l'air afin de déterminer si un air est vicié ou non. Cet indicateur est généralement très pertinent.

Dans le cadre du projet expérimental et numérique d'enseignement scientifique, nous nous sommes penchés sur la question avec un objectif bien défini : étudier les variations de la qualité de l'air, par exemple grâce à des capteurs de CO₂, en utilisant des modèles de prédiction. Ce sujet en particulier nous a spécialement inspirés au premier regard, notamment car il appelait à la mise en œuvre d'une démarche scientifique complète et structurée. Pour ce faire, l'intelligence artificielle a été un outil très intéressant et approprié.

Ainsi, il nous a paru légitime de nous interroger quant à la problématique suivante : **Dans quelle mesure sommes-nous capables de créer des modèles fiables afin de prévoir la qualité de l'air ambiant avec l'aide de l'IA ?**

De prime abord, nous mettrons en lumière notre démarche de réflexion et d'expérimentation au cours du projet, puis nous présenterons les analyses et le traitement des données effectué grâce à l'IA, afin d'aboutir à une réponse correcte à la problématique.

I. Réflexion et expérimentation sur la qualité de l'air

A. Premières hypothèses en lien avec la problématique

D'après le schéma ci-joint, l'être humain inspire le dioxygène de l'air et expire du dioxyde de carbone. Sachant que la qualité de l'air dépend fortement du taux de CO₂ dans l'air, on peut poser l'hypothèse selon laquelle la qualité de l'air ambiant se détériore dans un lieu clos (ex : salle de classe) en présence d'êtres humains (ex : élèves).

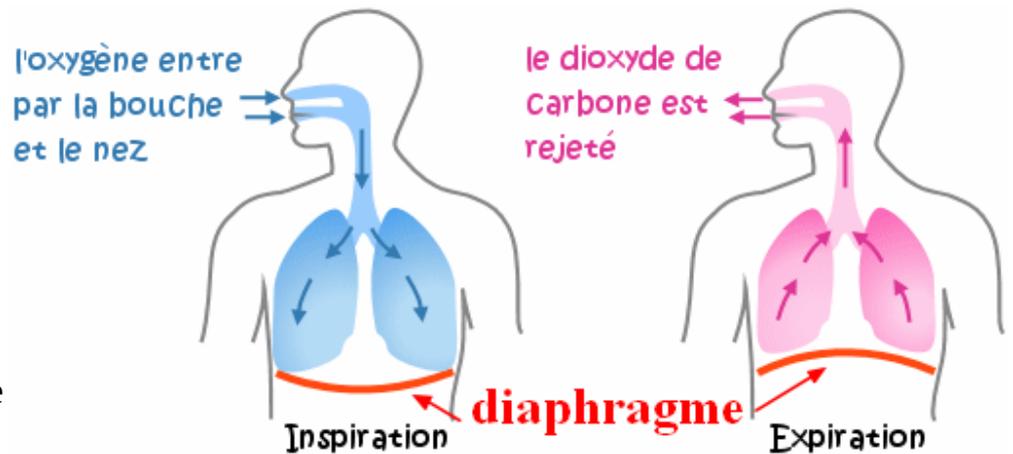
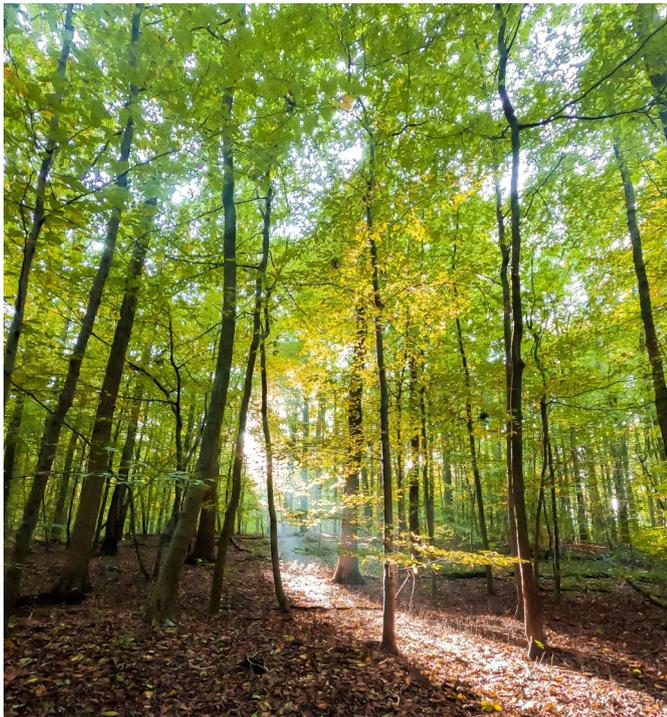


Schéma simplifié des échanges gazeux chez l'être humain



Photographie d'une forêt

Par ailleurs, les espaces naturels tels que cette forêt sont reconnus pour leur qualité de l'air excellente, avec une teneur en CO₂ comprise entre 300ppm et 400ppm (ppm signifie « partie par million », donc 300ppm = 0,03 % de CO₂ dans l'air). Ces lieux se caractérisent notamment par leur superficie importante et la faible densité d'êtres humains par unité de surface. On peut donc supposer que le volume d'air considéré (ex : volume d'une salle de classe) et le nombre de personnes influent sur la qualité de l'air.

B. Phase expérimentale et recueil de données

1. Principe du capteur

Lors des premières séances, nous nous sommes attardés sur la mise en fonctionnement du capteur Arduino MH-Z19B ci-contre. Toutefois, malgré les tutoriels et les dossiers techniques, il nous a été impossible d'obtenir la moindre donnée de ce capteur (programmation et câblage trop complexes pour nous) : c'est sans doute la plus grande difficulté que nous ayons rencontrée. Il reste pertinent de parler du principe de fonctionnement de ce capteur NDIR, commun à tous les CO₂-mètres.

L'acronyme *NDIR Sensor* signifie *Non Dispersive InfraRed Sensor*, c'est-à-dire un capteur à infrarouge non-dispersif.

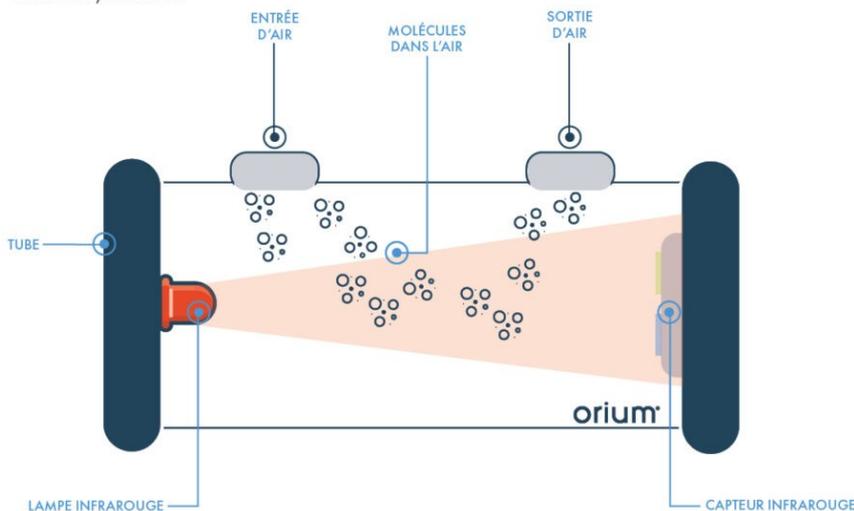
Nous avons pu comprendre le fonctionnement interne de ce capteur et ainsi mieux nous approprier l'outil.



Capteur NDIR Arduino MH-Z19B

FONCTIONNEMENT D'UN CAPTEUR NDIR

- 1 L'air entre dans le tube, la lampe infrarouge émet un rayonnement.



- 2 Le CO₂ capte une partie du rayonnement infrarouge
- 3 Un capteur infrarouge à double faisceau permet de mesurer la quantité d'infrarouge absorbée par le CO₂, et d'en déduire la concentration.

Dans les faits, ce type de capteur utilise la technique de la spectroscopie infrarouge. En effet, le CO₂ absorbe une longueur d'onde bien spécifique de 4,26 μm . Grâce au récepteur infrarouge, le capteur connaît la quantité de rayonnement infrarouge absorbé à cette longueur d'onde spécifique et peut en déduire la concentration de CO₂ dans l'air. Cette fine technique d'analyse de la lumière est très utilisée dans l'analyse gazeuse (par exemple de l'atmosphère terrestre).

Schéma du principe de fonctionnement d'un capteur NDIR

2. Acquisition des données dans notre environnement

Très rapidement, l'option de l'appareil de mesure portatif s'est imposée car elle permettait de recueillir des données sans contraintes en tous lieux. Cet instrument a été la clé de ce projet et était sans aucun doute l'outil ad hoc. Il est intéressant de noter que la catégorie PM2.5 désigne la concentration de particules fines avec un diamètre inférieur à 2,5 μm . Cependant, elle n'est pas très intéressante à étudier car elle est stable au cours du temps (dans une salle par exemple) : effectivement, les particules fines sont les déchets principaux des moteurs diesel mais ne participent pas réellement aux variations de la qualité de l'air en instantané ; elles sont néanmoins prédominantes dans la pollution de l'air à long terme et posent un véritable défi aux ingénieurs.

C'est pourquoi nous nous sommes focalisés sur la teneur en gaz carbonique toute la durée de ce projet.



Photographie de l'appareil de mesure utilisé

temps	21-janv	28-janv	04/02/2025	11/02/2025
CO2 (ppm) 1	3605	1500	1853	680
CO2 (ppm) 1	4061	1580	1900	720
CO2 (ppm) 1	4281	1702	2054	844
CO2 (ppm) 1	4342	1944	2109	932
CO2 (ppm) 1	4441	2076	2230	1102
CO2 (ppm) 1	4529	2158	2373	1190
CO2 (ppm) 1	4611	2241	2406	1280
CO2 (ppm) 1	4743	2301	2510	1388
CO2 (ppm) 1	4793	2422	2565	1443
CO2 (ppm) 1	4853	2417	2500	1493
CO2 (ppm) 1	4936	2483	2480	1542
temps	22-janv	29-janv	05/02/2025	12/02/2025
CO2 (ppm) 9	446	805	684	446
CO2 (ppm) 9	500	970	607	446
CO2 (ppm) 9	541	970	816	470
CO2 (ppm) 9	600	1050	728	525
CO2 (ppm) 9	624	1108	849	635
CO2 (ppm) 9	690	1212	860	706
CO2 (ppm) 9	780	1212	870	772
CO2 (ppm) 9	871	1245	930	932
CO2 (ppm) 9	900	1289	998	1009
CO2 (ppm) 9	948	1350	1009	1014
CO2 (ppm) 9	954	1394	1064	1108

Afin de présenter un échantillon plus représentatif, nous avons fait le choix de prendre les mesures toutes les 5 minutes durant les heures de cours d'enseignement scientifique. De plus l'appareil était toujours éloigné à plus d'un mètre de toute personne pour éviter de fausser les mesures. La masse de données collectées est relativement importante et nous a permis une analyse perspicace et appropriée à nos attendus.

Dans une partie ultérieure, nous traiterons et analyserons ces données dans le détail.

Tableau rassemblant l'ensemble des données recueillies en cours



D'accord, l'évolution du CO₂ en fonction du temps est une analyse assez courante, souvent utilisée pour étudier l'impact des émissions de gaz à effet de serre, la qualité de l'air, ou pour des études environnementales.

Pour t'aider à analyser cela, voici ce que tu peux faire dans ton fichier Excel :

1. Vérifie tes colonnes

- Une colonne devrait contenir le temps (ex : années, mois, jours, heures, etc.).
- L'autre colonne doit contenir les niveaux de CO₂ (exprimés en ppm, mg/m³, ou toute autre unité).

2. Visualisation :

- Utilise un graphique pour mieux visualiser l'évolution. Sélectionne les deux colonnes (temps et CO₂) et crée un graphique en courbes ou nuage de points. Cela te donnera une vue d'ensemble de la tendance.
- Pour faire ça : sélectionne tes données > va dans l'onglet Insertion > clique sur Graphique en courbes.

3. Analyse de la tendance :

- Si tu cherches à identifier des tendances (augmentation, stagnation, diminution), tu peux ajouter une ligne de tendance dans ton graphique. Clique sur la courbe du graphique, puis fais un clic droit et choisis Ajouter une ligne de tendance.
- Si tu veux une analyse plus approfondie, tu peux utiliser une régression linéaire ou d'autres modèles statistiques pour déterminer si les niveaux de CO₂ suivent une tendance linéaire ou non.

4. Calculs statistiques :

- Tu peux aussi utiliser des fonctions Excel comme MOYENNE(), TENDANCE(), ou CROISSANCE() pour estimer l'évolution future ou calculer des valeurs moyennes.

En outre, l'IA a pu nous conseiller concernant la manière d'organiser nos données de façon claire et efficace.

C'est ainsi que la création d'un fichier Excel a été jugée comme la meilleure solution.

L'intelligence artificielle a su se rendre utile en facilitant notre analyse et notre compréhension des données récoltées.

Réponse de ChatGPT concernant l'organisation de nos données expérimentales

De surcroît, nous avons essayé d'obtenir une masse de données considérable en contactant M.Colin, responsable régional du lycée. Celui-ci nous a très généreusement fait parvenir des graphiques dévoilant les teneurs en CO₂ pendant plusieurs semaines des salles E201 et E112. Jumelées aux emplois du temps des salles, ces données nous permettent une analyse d'une qualité bien supérieure, que l'on prendra soin d'affiner ultérieurement.

Nous souhaiterions remercier chaleureusement M.Colin et les aides-labo de leur coopération.

C. Difficultés rencontrées et modifications des biais de mesures

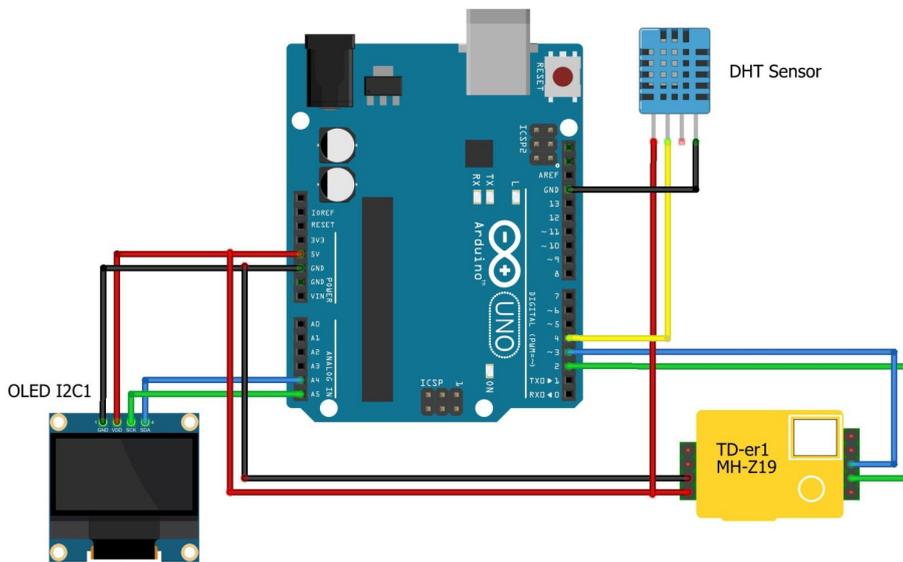


Schéma de montage du capteur Arduino MH-Z19B

Tout d'abord, notre attention s'est portée sur la mise en fonctionnement du capteur Arduino. Cependant, les 2 premières séances se sont avérées particulièrement difficiles à fructifier, sachant que le branchement du capteur requiert des compétences bien plus fines que celles dont nous disposons. De plus, les connaissances en programmation nécessaires ont cruellement manqué à notre panel afin d'avancer dans l'acquisition des données. Tout cela nous a amené très rapidement à rechercher une solution alternative, laquelle s'est trouvée être le CO₂-mètre exposé précédemment.

Par la suite, la question de l'analyse de données avec l'intelligence artificielle s'est imposée d'elle-même. Effectivement, à partir d'un tableur Excel bien organisé, quelle IA choisir pour produire un traitement qui soit le plus intéressant possible ? Après avoir créé des comptes gratuits en vain sur Ajelix et Julius AI (demandes d'abonnements payants), nous nous sommes penchés sur une approche plus globale, en faisant intervenir ChatGPT. Cette IA a la particularité de proposer des tendances générales concernant nos données. Cela s'est finalement avéré très pratique et tout-à-fait suffisant pour le type d'analyse recherché.



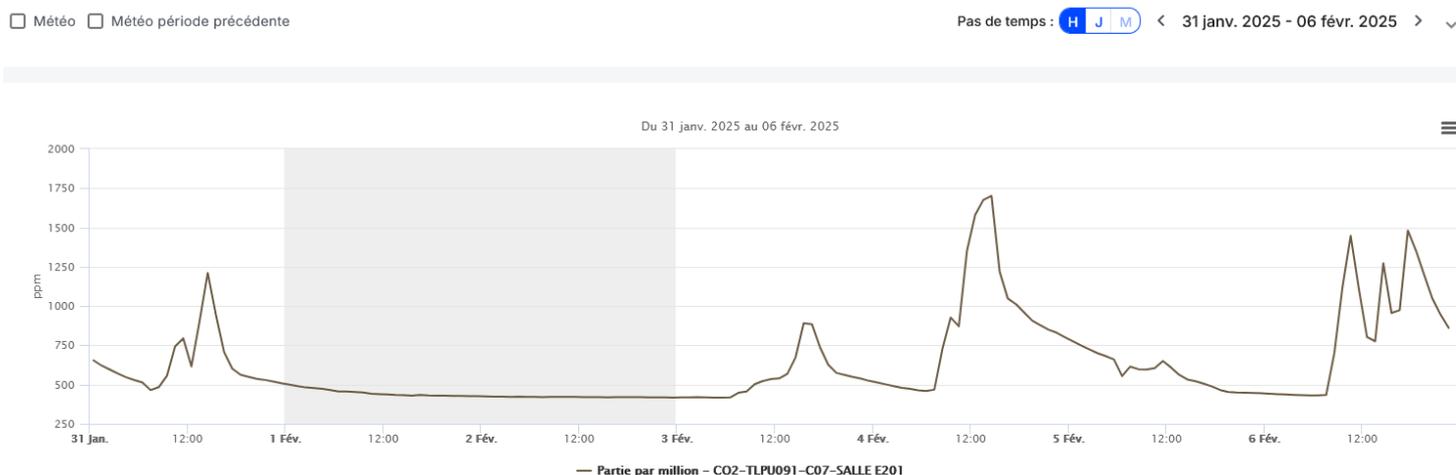
Les différentes IA envisagées

II. Analyse et traitement des données grâce à l'IA

A. Observations et recherches de corrélations

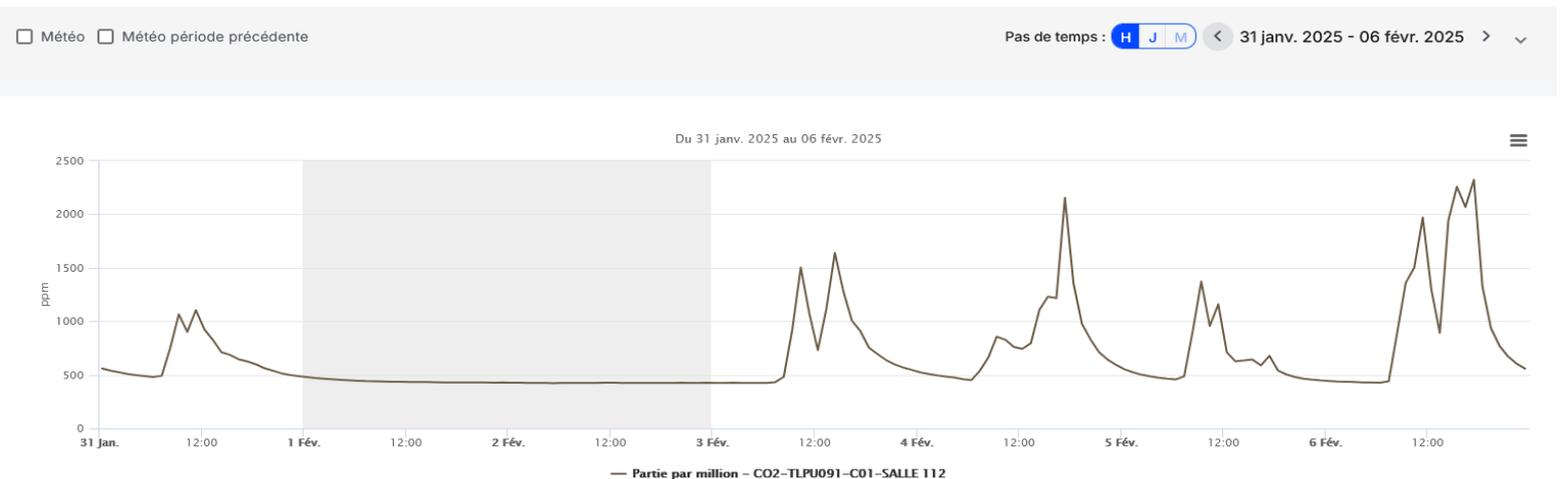
Dans un premier temps, nous allons nous concentrer sur les données fournies par M.Colin qui nous permettent d'exploiter plus généralement les tendances liées au taux de CO₂ au cours du temps.

Nous avons pu corrélérer emploi du temps des salles de classe (présence d'humains ou non) et teneur en CO₂ dans les diverses pièces. Toutefois, cette corrélation ne reste que « visuelle », car il semble impossible de lier l'augmentation immédiate du taux de CO₂ et nombre de personnes dans la classe (pas assez de précision, manque de données).



Evolution du taux de CO₂ au cours du temps en E201 du 31/01 au 06/02

Emploi du temps de la salle E201 du 30/01 au 05/02 obtenu grâce aux aides-labo



Evolution du taux de CO₂ au cours du temps en E112 du 31/01 au 06/02

Emploi du temps de la salle E112 du 30/01 au 05/02 obtenu grâce aux aides-labo

A la vue de ces documents, il semble naturel d'entamer une comparaison afin de déterminer les corrélations entre emploi du temps des salles et taux de CO₂ dans ces mêmes salles. On remarque assez rapidement que la présence humaine influe sur le taux de CO₂ dans l'air intérieur : dès lors qu'une salle est occupée pendant une heure de cours, la teneur en dioxyde de carbone augmente fortement. Par exemple, les deux pics de CO₂ à 1500 ppm observés le lundi 03/02 en E112 correspondent aux horaires de cours de Mr Foucard dans cette salle. De plus, on peut observer que le taux de CO₂ tend vers la valeur atmosphérique de 400 ppm le weekend car il n'y a aucune présence humaine dans les salles de classe.

A propos de la salle E201, le pic de CO₂ est atteint exactement pendant notre heure de cours d'enseignement scientifique avec Mr Da Cunha de 13h à 14h, le 04/02. On suppose que la cause d'une telle hausse de la teneur en CO₂ est l'accumulation de cours dans cette salle en effectifs importants ainsi qu'une aération insuffisante et inadaptée.

D'après ces documents, on peut effectivement dégager une tendance générale. Lorsqu'une salle est occupée, le taux de CO₂ dans celle-ci augmente, donc la qualité de l'air se dégrade.

A l'inverse, dès lors que la salle est vide (par exemple la nuit), le taux de CO₂ diminue drastiquement jusqu'à atteindre le seuil atmosphérique de 400 ppm.

Par ailleurs, on peut discerner le fait que le taux de CO₂ évolue selon un modèle affine, que ce soit pour nos propres relevés que pour les données de l'établissement.

La tendance générale concernant l'évolution du taux de CO₂ dans une pièce occupée par plusieurs personnes est la suivante :

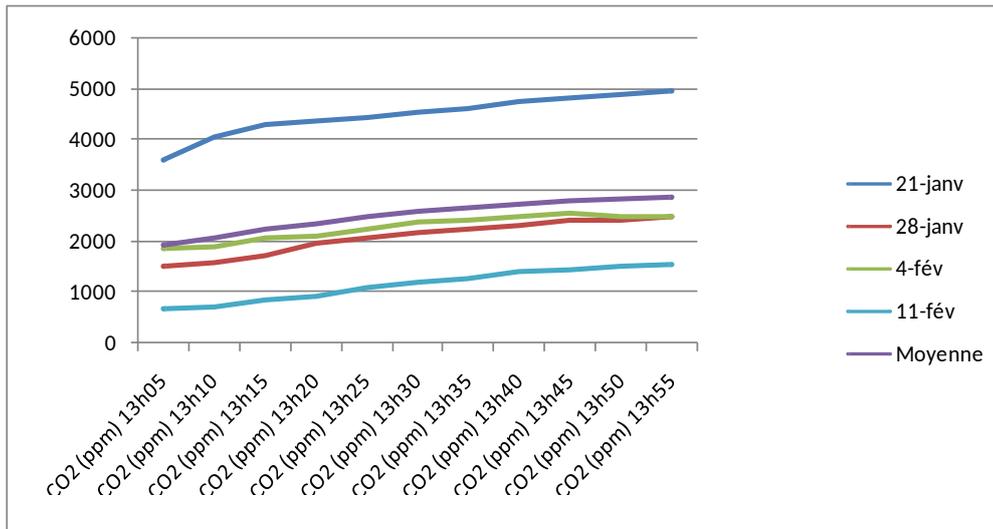
1. **Augmentation progressive** : En l'absence de ventilation adéquate, le taux de CO₂ augmente progressivement au fur et à mesure que les personnes respirent et émettent du CO₂. Cela peut se produire rapidement, surtout dans des espaces confinés.
2. **Impact de la ventilation** : Dans les environnements bien ventilés, le taux de CO₂ peut rester relativement stable, car l'air frais entre et dilue le CO₂. Les systèmes de ventilation mécanique ou l'ouverture des fenêtres peuvent aider à maintenir des niveaux de CO₂ plus bas.
3. **Seuils de confort** : Les niveaux de CO₂ inférieurs à 1000 ppm sont généralement considérés comme acceptables pour le confort. Au-delà de 1000 ppm, les effets sur la concentration et le bien-être peuvent commencer à se faire sentir. À des niveaux supérieurs à 2000 ppm, des effets plus prononcés sur la santé peuvent survenir.
4. **Sensibilisation croissante** : Avec une prise de conscience accrue des effets de la qualité de l'air intérieur sur la santé, de plus en plus de personnes et d'organisations cherchent à surveiller et à contrôler les niveaux de CO₂ dans les espaces fermés, en mettant l'accent sur la ventilation et l'utilisation de capteurs de CO₂.

En résumé, sans ventilation adéquate, le taux de CO₂ dans une pièce avec plusieurs personnes a tendance à augmenter, ce qui peut avoir des conséquences sur le confort et la santé.

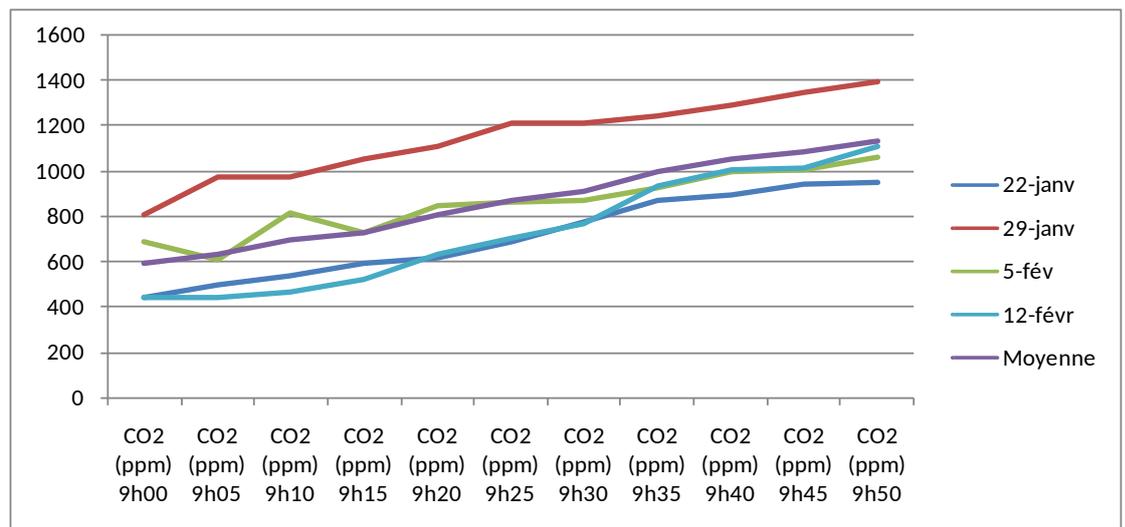
*Réponse de
DuckDuckGo AI à
propos de la
tendance à observer*

L'intelligence artificielle DuckDuckGo AI approuve et confirme nos observations et nos résultats.

B. Étude mathématique et modèle prédictif



Graphique présentant l'évolution du taux de CO2 en fonction du temps, durant les heures de cours d'enseignement scientifique en salle E201



Graphique présentant l'évolution du taux de CO2 en fonction du temps, durant les heures de cours d'enseignement scientifique en salle E112

A l'aide de nos données présentées et formatées dans un fichier Excel, nous avons été capables de produire les graphiques ci-dessus, qui comprennent également la moyenne du taux de CO₂ pour chaque prise de mesure (toutes les 5 minutes, échantillon de 4 mesures différentes). La tendance à la hausse du CO₂ est alors très simple à observer. Pour ce faire, nous avons utilisé la formule =MOYENNE(donnée 1 : donnée 4) dans une colonne Excel. Par ailleurs, il est très important de noter pour la suite qu'une courbe fait figure d'anomalie dans le premier graphique avec un taux de CO₂ étonnamment élevé (le 21 janvier). Cela peut s'expliquer par une occupation intense de la salle durant les heures précédentes.

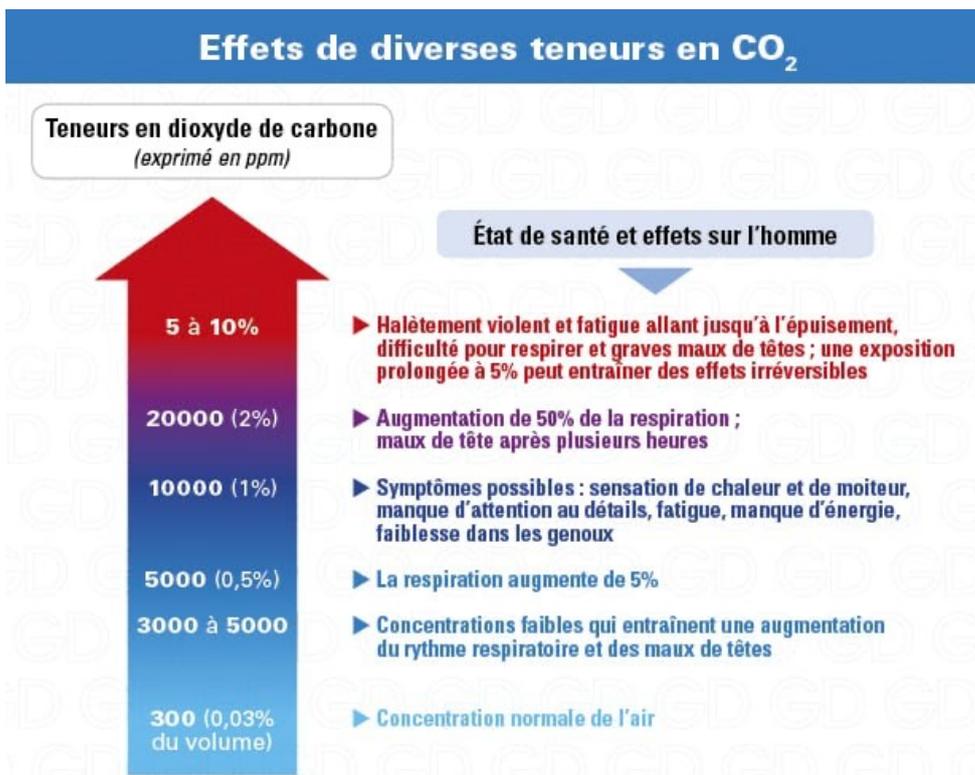
temps	21-janv	28-janv	04/02/2025	11/02/2025	Moyenne	Ecartype	Incertitude	Estimation n	Estimation max
CO2 (ppm) 1	3605	1500	1853	680	1909,5	1232,5141	616,25705	1293,243	2525,757
CO2 (ppm) 1	4061	1580	1900	720	2065,25	1420,7382	710,36908	1354,8809	2775,6191
CO2 (ppm) 1	4281	1702	2054	844	2220,25	1464,8068	732,40339	1487,8466	2952,6534
CO2 (ppm) 1	4342	1944	2109	932	2331,75	1437,6338	718,8169	1612,9331	3050,5669
CO2 (ppm) 1	4441	2076	2230	1102	2462,25	1410,539	705,2695	1756,9805	3167,5195
CO2 (ppm) 1	4529	2158	2373	1190	2562,5	1408,3571	704,17854	1858,3215	3266,6785
CO2 (ppm) 1	4611	2241	2406	1280	2634,5	1408,1048	704,05238	1930,4476	3338,5524
CO2 (ppm) 1	4743	2301	2510	1388	2735,5	1424,2487	712,12435	2023,3757	3447,6243
CO2 (ppm) 1	4793	2422	2565	1443	2805,75	1415,5652	707,78261	2097,9674	3513,5326
CO2 (ppm) 1	4853	2417	2500	1493	2815,75	1432,8008	716,40042	2099,3496	3532,1504
CO2 (ppm) 1	4936	2483	2480	1542	2860,25	1452,9773	726,48863	2133,7614	3586,7386
temps	22-janv	29-janv	05/02/2025	12/02/2025	Moyenne	Ecartype	Incertitude	Estimation n	Estimation max
CO2 (ppm) 9	446	805	684	446	595,25	179,27888	89,63944	505,61056	684,88944
CO2 (ppm) 9	500	970	607	446	630,75	235,855	117,9275	512,8225	748,6775
CO2 (ppm) 9	541	970	816	470	699,25	234,18992	117,09496	582,15504	816,34496
CO2 (ppm) 9	600	1050	728	525	725,75	231,84531	115,92266	609,82734	841,67266
CO2 (ppm) 9	624	1108	849	635	804	227,5976	113,7988	690,2012	917,7988
CO2 (ppm) 9	690	1212	860	706	867	242,43487	121,21744	745,78256	988,21744
CO2 (ppm) 9	780	1212	870	772	908,5	207,15453	103,57727	804,92273	1012,0773
CO2 (ppm) 9	871	1245	930	932	994,5	169,38024	84,690121	909,80988	1079,1901
CO2 (ppm) 9	900	1289	998	1009	1049	167,334	83,666999	965,333	1132,667
CO2 (ppm) 9	948	1350	1009	1014	1080,25	182,31909	91,159544	989,09046	1171,4095
CO2 (ppm) 9	954	1394	1064	1108	1130	187,53844	93,76922	1036,2308	1223,7692

Tableau récapitulatif des données que l'on a pu acquérir en classe et traitement mathématique

Cependant, un simple calcul de moyenne automatisé ne nous semblait pas assez poussé en comparaison avec les attendus et la quantité de données obtenues. C'est pourquoi nous avons préféré poursuivre dans la voie de l'analyse mathématique en déterminant l'écart-type de chaque série de données et ainsi une valeur d'incertitude de type A. En accord avec ce que nous avons appris en cours de Physique-chimie, ce type d'incertitude est intéressant lorsque l'échantillon traité est relativement important. En toute logique, l'incertitude augmente avec la dispersion des données de la série. L'écart-type σ est calculé automatiquement grâce à la formule =ECARTYPE(donnée 1 : donnée 4). Nous avons pu calculer l'incertitude à l'aide de la formule : $u(\text{CO}_2) = \sigma / \sqrt{4}$
 $= \sigma / 2$

Cela nous a permis par la suite de compléter notre analyse en prenant en compte une plage de valeurs possibles, que nous analyserons ultérieurement pour discuter des résultats et de leur validité.

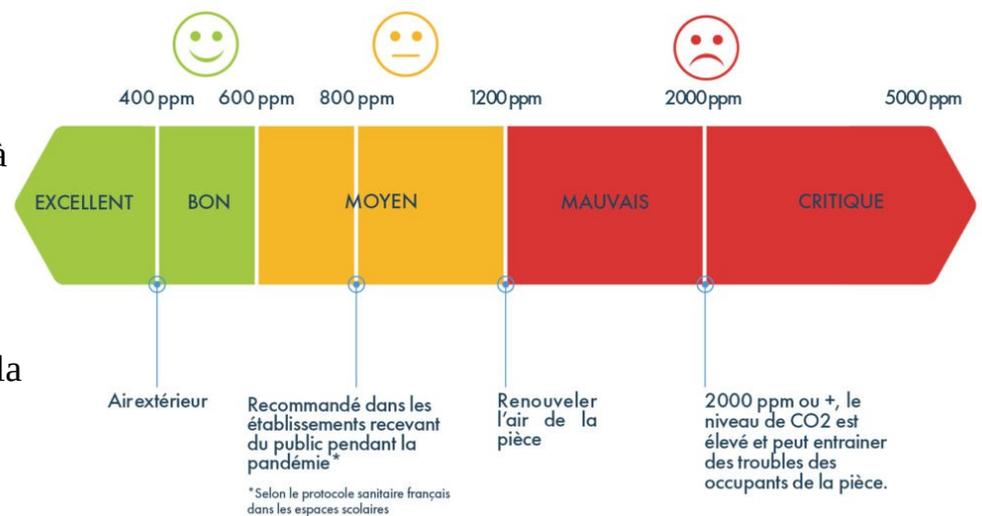
C. Critiques sur les biais de mesure et les résultats



L'ensemble des mesures effectuées semble cohérent et juste aux vues des standards auxquels nous nous attendions. C'est pourquoi nous nous sommes davantage intéressés aux incertitudes sur l'échantillon de données recueilli que sur l'appareil de mesure en lui-même. Toutefois, nous sommes conscients que d'autres facteurs entrent en ligne de mire pour analyser la qualité de l'air (humidité, particules fines, gaz nocifs...). A plus grande échelle, nous nous serions certainement attelés au traitement de ces paramètres.

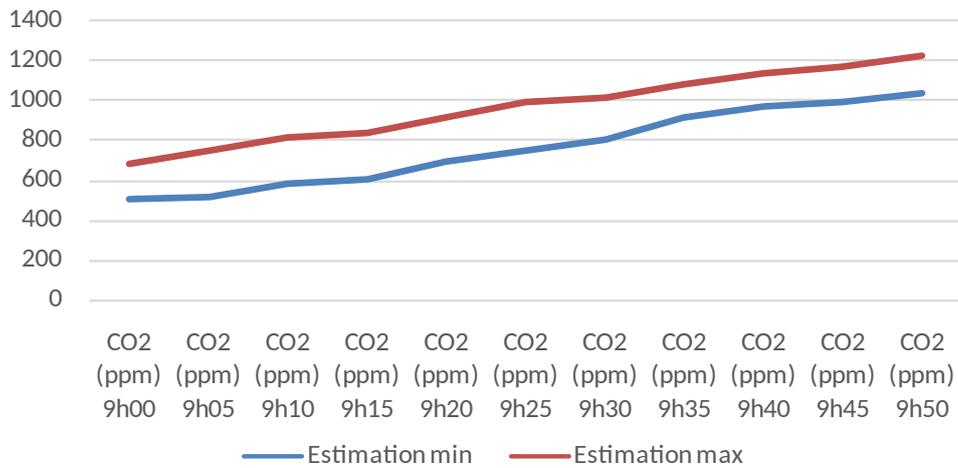
Diagramme mettant en évidence les impacts de différents taux de CO₂ dans l'air sur l'homme

A partir de ces deux sources documentaires, nous avons pu déterminer des seuils de CO₂ à prendre en considération. Par exemple, notre choix s'est porté sur la valeur de 1200 ppm, qui indique qu'il faut renouveler l'air de la pièce et la valeur de 3000 ppm qui est synonyme de troubles de la concentration et de maux de tête. La première de ces deux valeurs témoigne du seuil de confort dans la pièce, tandis que l'autre augure de conditions de vie amoindries.

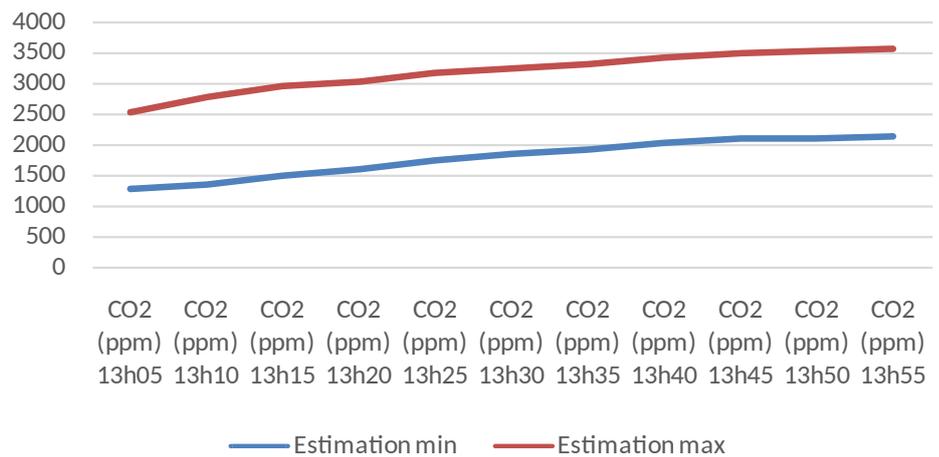


Un autre diagramme mettant en évidence les impacts de différents taux de CO₂ dans l'air sur l'homme

Graphique présentant la plage où se situe le taux de CO₂ en fonction du temps en E112



Graphique présentant la plage où se situe le taux de CO₂ en fonction du temps en E201



Voici donc l'aboutissement final de ce projet expérimental et numérique : nos courbes prenant en compte les incertitudes de mesures. Les estimations minimales sont obtenues à l'aide de la formule $T_{CO_2 \min} = Moy_{CO_2} - u(CO_2)$ et les estimations maximales grâce à $T_{CO_2 \max} = Moy_{CO_2} + u(CO_2)$. Ainsi, l'on obtient une plage dans laquelle se situe, en toute probabilité, le taux de CO₂ aux différents instants de l'heure de cours d'enseignement scientifique. Nous souhaiterions attirer votre attention sur la plus forte dispersion des résultats concernant la salle E201 : cela est sans aucun doute dû à la série de mesures extrêmement élevées effectuée le 21 janvier.

Malgré tout, ces résultats restent valables et nous pouvons en tirer des conclusions. Par exemple, le taux de CO₂ de 1200 ppm évoqué précédemment n'est atteint en E112 qu'à la toute fin de notre heure de cours : en toute logique et en ne considérant que ce paramètre, il serait donc judicieux de renouveler l'air à cet instant précis. De même, le seuil de 3000 ppm peut être atteint en E201 dès 13h15 (estimation probabiliste). Il existe donc un risque, certes minime, de troubles de la concentration et de répercussions sur la santé. La recommandation dans ce cas de figure est de renouveler l'air de la pièce, par exemple à l'aide d'un dispositif de VMC ou en ouvrant les fenêtres.

Conclusion :

Au cours de ce projet expérimental et numérique d'enseignement scientifique, nous avons mis en œuvre une réelle démarche scientifique qui nous a amenés à réfléchir sur différents aspects de la tâche à accomplir. Effectivement, après avoir posé des hypothèses simples, nous avons été capables d'expérimenter afin de récolter des données. Ces dernières ont été très utiles et nous ont permis, avec l'aide de l'intelligence artificielle, de créer des modèles mathématiques fiables et valables. La ressource globale proposée par le lycée a également approuvé les tendances observées, c'est-à-dire la hausse du taux de CO₂ dans l'air en intérieur en présence d'êtres humains. C'est ainsi que nous avons pu corréliser assez sereinement la qualité de l'air et la fréquentation dans un espace clos.

Ce projet, tant par sa complexité que par son intérêt pédagogique, s'est avéré être une véritable aventure humaine et intellectuelle. Sa concrétisation nous satisfait énormément.

En guise d'ouverture, nous souhaiterions faire une allusion à l'entreprise française *Istya*, spécialisée dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée à la qualité de l'air. Celle-ci propose un bagage complet, et intervient des prises de mesure jusqu'à une analyse poussée grâce à une IA adaptée. Dans les faits, cette firme effectue une démarche identique à la notre, mais à une échelle et avec des moyens supérieurs.



Affiche promotionnelle de l'entreprise Istya

Bibliographie :

<https://www.sorel.de/en/indoor-air-quality-index-in-hvac-applications/>
<http://ele-nuits-st-georges-henri-challand-21.ec.ac-dijon.fr/lecons/sciences/la-respiration/>
<https://eaubouleau.com/la-foret/>
<https://pmdway.com/products/mhz19-co2-carbon-dioxide-sensor>
<https://www.oriumfrance.com/2022/09/12/les-diffrentes-technologies-de-capteurs-de-co2/>
<https://www.amazon.fr/ARMYJY-Detecteur-compteur-temperature-dhumidite/dp/B0BQYM94FC>
<https://www.electronicclinic.com/mh-z19b-ndir-co2-sensor-with-arduino-mhz19b/>
<https://www.gazdetect.com/informations-gaz/detecteur-gaz-co2/>
<https://www.oriumfrance.com/2021/09/13/tout-savoir-sur-le-co2-dioxyde-de-carbone/>
<https://fr.linkedin.com/pulse/lintelligence-artificielle-appliquée-à-la-qualité-de-lair-hassine>
<https://istya.co>