

25/03/2010



TPI
L'ÉCLAIRAGE

ÉCONOMISER 200 KG DE CO₂ PAR ANNÉE EN
INVESTISSANT 1700 FR.

CPAI-JB

MPT2(3) | Prêtre, Pfister, Renfer

Sommaire

1.	Introduction.....	3
2.	Situation actuelle.....	3
i.	Type de lampe utilisé.....	3
ii.	Répartitions des luminaires.....	4
iii.	Occupation des classes.....	4
iv.	Consommation et coûts actuels.....	4
3.	Analyse des diverses possibilités pour changer d'éclairage.....	5
i.	Tubes Fluorescents.....	5
ii.	Halogènes.....	6
iii.	LED's.....	7
4.	Etude.....	7
i.	Façon de procéder.....	7
ii.	Les variantes.....	8
•	Variante 1.....	8
•	Variante 2.....	9
•	Variante 3.....	9
•	Variante 4.....	10
•	Variante 5.....	11
•	Notre choix.....	11
5.	Amortissement (coûts/bénéfices).....	11
i.	Coûts totaux (matériel + travaux).....	11
ii.	Économie d'énergie réalisée (économie en CHF et économie de tonne de co2).....	12
iii.	Temps pour amortir.....	13
6.	Conclusion.....	13
7.	Annexe.....	14
i.	Sources.....	14
ii.	Visites.....	14
iii.	Bibliographie.....	15
iv.	Spécialistes.....	15
v.	Photos des lieux.....	15
vi.	graphiques et tableaux.....	17
vii.	Calculs.....	18
•	Eclairage actuel.....	18

•	Nombre de nouveaux tubes	19
viii.	Plan	20

1. Introduction

Dans le cadre d'un travail de maturité et d'un concours d'économie de CO₂ nous avons été amenés à choisir un sujet à développer. Nous avons décidé d'optimiser l'éclairage d'un étage où nous avons des leçons régulièrement (PJ37, 1^{er} étage). Nous passons environ la moitié de notre temps dans une de ces classes, c'est une des raisons les plus fortes qui nous ont poussés à modifier l'éclairage. Car nous avons constaté que l'éclairage délivré par les installations actuelles est inapproprié ; il est bien trop puissant pour une salle de classe. Si l'on passe un certain temps dans cette classe, il n'est pas étonnant d'en ressortir les yeux fatigués. De plus en réduisant le niveau d'éclairage, des économies d'un point de vue écologique comme d'un point de vue financier se réaliseraient sans problème. Mais nous ne nous sommes tout de même pas lancés tête baissée dans ce sujet. Dans un premier temps nous avons calculé grossièrement le nombre de Watts que consomment ces classes. Les premiers résultats ont confirmé nos doutes. Nous sommes arrivés à 30 tubes fluorescents de 58W pour éclairer 48 m². Ce qui donne 1740W pour une petite salle. Arrivés à ces résultats, nous avons décidé de nous focaliser sur l'éclairage pour notre TPI. Le premier travail que nous avons réalisé est un état des lieux afin de pouvoir comparer le matériel actuel avec du nouveau et avoir une idée de l'ampleur des travaux. Ensuite il a fallu se décider pour une technologie d'éclairage (tubes fluorescent, LED ou halogène). Pour nous faire une idée plus précise de la technologie à utiliser, nous avons pris des rendez-vous avec des personnes qui connaissent bien le domaine de l'éclairage. Pour finir nous avons calculé l'économie réalisée ainsi que le temps nécessaire à son amortissement.

2. Situation actuelle

i. Type de lampe utilisé

Actuellement les lampes installées sont des tubes encastrés dans le plafond consommant 58W (+10%, à cause du starter. On arrive donc à ~64W). Il faut également savoir que chaque classe de cet étage possède entre 30 et 69 tubes, ce qui fait entre 1915W et 4402W, ce qui représente une énorme consommation

énergétique, donc des coûts relativement élevés pour des salles mesurant de 48m² à 135 m². La source des problèmes énoncés ci-dessus sont les tubes qui sont rangés par ballasts de trois côte à côte dans certaine classe ou sinon par deux. Il y a clairement une diminution à faire, que ce soit en consommation par tube ou en nombre de tubes. Ce qui nous amènera à des économies d'énergie et financière en aucun cas négligeables.

Notre école se procure des tubes fluorescents Sylvania T8 F58W/133 pour environ 4.- L'éclairage que fournissent les tubes actuels (surtout dû au nombre de tubes) fatigue les yeux et est bien trop fort pour le type de classe concerné (salle de classe standard).

ii. Répartitions des luminaires

Dans la plupart des salles, on trouve des rangées de tubes qui sont à 30cm des fenêtres. Ce qui est une erreur assez grave puisque les fenêtres « mangent » la lumière et ne la rendent pas. Une deuxième raison est que les fenêtres apportent de la lumière surtout dans les classes donnant sur la face sud du bâtiment.

Ensuite on nous a donné une règle qui dit que l'espace entre deux rangées de luminaires doit valoir au plus la distance séparant le sol du plafond. Elle n'est pas respectée partout et si elle l'est, c'est juste à la limite de l'acceptable. Ce principe permet d'avoir un éclairage uniforme, on l'utilise surtout pour éviter d'avoir des zones d'ombre dans certains endroits de la surface éclairée.

iii. Occupation des classes

Pour l'occupation des salles nous avons consulté le plan d'occupation du CPAI-JB et nous avons réalisé des graphiques ainsi qu'un tableau détaillé (cf. annexes ->graphique et tableaux) pour pouvoir avancer dans nos calculs.

En lisant le tableau et les graphiques on peut constater que chaque salle est utilisée approximativement le même nombre d'heures par semaine. Mais nous verrons plus loin que la consommation n'est pas proportionnelle au nombre d'heures d'utilisation puisque les salles ne font pas la même surface et que le nombre de tubes fluorescent diffère.

iv. Consommation et coûts actuels

En ce qui concerne la consommation actuelle, elle est plutôt grande ; on arrive à une puissance totale de 15'300 W environ, ceci pour éclairer 5 salles qui représentent 407 m².

Nos rencontres avec des experts nous ont appris que l'éclairage d'une classe se mesure en lux.

Un lux signifie qu'une surface d'un mètre carré situé à un mètre de la source lumineuse reçoit un lumen. Le lumen est l'unité de mesure du flux lumineux d'une source (tube fluorescent, LED, ..).

Pour donner un ordre de grandeur, il faut compter 500 lux pour une salle de classe standard et 1000 pour un bureau de dessin et un tube fluorescent comme ceux installés dans nos classe libère ~4600 lumen (lm). En vue de corriger ce problème, nous allons plus loin faire une analyse des technologies disponibles.

Il faut tenir compte d'une loi, la loi du carré des distances qui sert à calculer le nombre de lux nécessaire à la source pour avoir l'éclairage voulu à une distance x.

Pour des exemples concrets (mais théoriques, pas de mesure effectuée à l'aide d'un appareil) voici un tableau qui répertorie les éclairages de nos 5 classes :

Classe	Eclairage en lux (lx)
PJ 21	1017
PJ 22	865
PJ 23	1055
PJ 24	825
PJ 25	1044

On constate que l'éclairage fourni est bien trop élevé par rapport à nos besoins.

Cf. annexe -> calculs pour les calculs effectués

Nous avons également pris quelques photos des salles de classes (cf. annexes).

3. Analyse des diverses possibilités pour changer d'éclairage

i. Tubes Fluorescents

Le tube fluorescent émet de la lumière grâce à une décharge électrique. Il y a la possibilité d'émettre différentes couleurs.

Les lampes fluorescentes contiennent deux gaz, l'argon et des vapeurs de mercure. C'est ce mélange qui va permettre de créer de la lumière par un procédé assez technique, dont nous n'aborderons pas dans ce sujet.

On peut aussi classer les tubes fluorescents par rapport à leur température de couleur. Par exemple pour une école il faudrait une température de 4000k. Pour cette température il faudra également tenir compte de l'IRC, l'indice de rendu des couleurs. L'IRC est la capacité d'une source de lumière à restituer les différentes couleurs sans en modifier les teintes. Il nous faudra donc une IRC entre 65-90 car c'est celle qui nous conviendra le mieux.

Tableau IRC

	2700K	3000K	3500K	4000K	5000K	6500K	8000K
Irc 50-76	-	530	-	640/740	-	765	-
IRC 85	827	830	835	840	-	860/865	880
IRC>90	-	930	-	940	950/954	965	-

Avantages :

- Les tubes fluorescent sont beaucoup utilisé dans les grandes surfaces ou dans les entreprises, car ceux-ci consomment peu d'énergies et permettent un meilleur éclairage.
- De plus les tubes fluorescents ont une longue durée de vie, environs cinq à dix fois plus grande que les lampes à incandescence classique.

Inconvénients :

- Un tube fluorescent met un certain temps à s'allumer. Et peut faire des grésillements.
- Avec le vieillissement, un tube fluorescent, voit sa consommation augmenté.
- Prix relativement élevé.

ii. Halogènes

La lampe à incandescence halogène est une version améliorée de la lampe à incandescence classique. Elle dure plus longtemps et est moins gourmande en énergie.

Fonctionnement :

On fait passer un fort courant électrique dans un fil de tungstène. La saturation de l'électron crée un frottement qui entraîne de la chaleur. Selon le principe de l'incandescence, qui dit qu'un corps suffisamment chauffé crée des rayonnements lumineux visibles. On a donc pris du fil de tungstène qui est le métal ayant la plus haute température de fonte, pour éviter qu'il ne se brise. En présence d'oxygène, le filament brûlerait instantanément, c'est pourquoi, le filament est isolé sous une petite « ampoule » de verre en quartz, à ne pas confondre avec l'ampoule extérieure qui sert à protéger celle-ci. Les gaz « halogènes » utilisés permettent de diminuer la sublimation en renvoyant les atomes de tungstène sublimés sur le filament. Grâce à ceci, la durée de vie de la lampe est deux fois plus longue que la lampe à incandescence classique.



Avantage/inconvénient :

Les principaux avantages de cette lampe c'est qu'elle est en tout point meilleur que son ancêtre. C'est-à-dire : plus puissante, une plus grande durée de vie et à une lumière plus agréable.

La lampe halogène reste une lampe à incandescence et donc a un rendement lumineux faible qui ne dépasse pas 4%. Le reste de l'énergie étant de la chaleur.

iii. LED's

Le mot LED signifie diode électroluminescente. La LED est un composant électronique qui a été inventé en 1962.

Il y a deux types de LED celles de fortes puissances et celles de faibles puissances.

Les LED à faibles puissance sont principalement utilisé comme voyant lumineux sur les appareils électriques. (Elles sont bien connues du grand public)

Les LED de forte puissance sont souvent méconnues mais toujours plus présentes. On les trouve principalement dans les flashes de téléphone portable, éclairage domestique etc. Il existe maintenant des tubes LED qui pourront bientôt remplacer les tubes fluorescent mis malheureusement sont coutent est relativement élevé.

Les LED peuvent être de différentes couleurs. Pour pouvoir avoir la couleur voulu

Les avantages des LED sont :

- Faibles consommations électriques (1W)
- longue durée de vie (50'000-100'000h)
- Fonctionnement en très basse tension

Désavantages :

- éclairage froid
- rendement lumineux faible
- couts assez élevé

4. Etude**i. Façon de procéder**

Maintenant nous avons tous les renseignements désirer nous allons donc nous plonger dans l'étude. C'est à dire que nous allons faire en sorte de trouver le meilleur compromis, afin de combler toute nos attentes. Nous allons donc voir cela dans ce chapitre.

Premièrement Il nous faut choisir quel type de tubes fluorescents nous allons installer pour certaines variantes dans nos salles de classes.

Grâce a notre rencontre avec un expert, celui-ci nous a conseillé de nous orienter sur

un tube 36W. Ensuite comme nous l'avons vu précédemment il nous faut une température de 4000K et un IRC de 65-90. Nous nous sommes donc orienter sur les tubes de chez Sylvania et celui que l'on a choisi est un T8 Luxline Plus f36 w 840. Ce tube possède toutes les caractéristiques demandées. Nous allons également regarder pour installer un tube LED, la Référence de ce tube LED nous a été donner par l'un des experts consulter.

Maintenant que nous avons toutes les informations entre les mains, nous allons étudier les quelques variantes proposées ci-dessous afin de définir laquelle nous conviendra le mieux. Pour définir la meilleure variante, il va falloir nous orienté sur le meilleur rapport qualité prix, le temps d'amortissement, le prix des travaux, les consommations générales et le meilleur éclairage pour les utilisateurs de la classe. Afin de pouvoir définir le meilleur nombre de nouveaux tubes par salles de classes nous avons du faire certains calculs ainsi que des plans, se référer à l'annexe

ii. Les variantes

- Variante 1

Cette variante est la moins coûteuse, car elle nécessite le moins de fournitures à acheter.

Le but de cette variante est de diminuer le nombre de tubes par luminaire. Actuellement un luminaire possède trois tubes fluorescents de 58 watts ce qui est étonnamment élevé. Après une consultation avec un expert, notre point de vue fut confirmé. D'après lui, la luminosité dissipée par les luminaires est un peu trop puissante. Il s'agirait donc d'enlever un tube par luminaire ce qui nécessiterait peu de travail et aucun coût. Il faudrait éventuellement compter avec des frais pour l'adaptation du luminaire.

	Nbr tubes fluorescent	Nbr de tubes fluorescents après		coûts des travaux
PJ21	42	20		0.-
PJ22	69	34		0.-
PJ23	42	20		0.-
PJ24	42	26		0.-
PJ25	30	14		0.-
total	225	114		0.-

Avantages/inconvénients

Pour ce qui est de la variante 1, elle ne coute pas très chers mais elle n'est pas très efficace. Que se soit au niveau de l'éclairage et au niveau de la consommation d'énergie.

- **Variante 2**

Cette variante-ci est plus coûteuse que la première, car elle a pour but de changer tous les tubes mais en réduisant leur nombre. Notre expert nous conseille de remplacer les tubes actuels (58 watt) par des tubes de 36 watt et de 3350 lumen. Nous nous sommes donc orientés sur un tube 36 W de chez Sylvania. Pour cette variante il faudra également compter des frais d'adaptation. Le gros inconvénient de cette variante, c'est qu'elle est coûteuse et que les plafonniers ne sont pas bien répartis, ce qui fait que l'éclairage ne sera pas homogène. Il faudra donc regarder s'il y a la possibilité de les déplacer a moindre couts.

	nbr. Tubes fluorescents	nbr. De nouveaux tubes fluorescents	Prix nouveaux tubes fluorescent	prix total des travaux par classe
PJ21	42	27	11.424	308.448
Pj22	69	47	11.424	536.928
Pj23	42	27	11.424	308.448
PJ24	42	35	11.424	399.84
pj25	30	19	11.424	217.056
total	225	155	11.424	1770.72

Prix tube / unité : 11.424.-(selon PDF Sylvania)

Avantages/inconvénients

Pour la variante le gros avantages c'est qu'au final elle ne consomme plus énormément et que le coutent des travaux est relativement peu élevé. Mais il y a quand même un inconvénient c est que les plafonniers sont mal positionner et n'offre pas le meilleurs des éclairage mais il est quand même suffisants.

- **Variante 3**

Afin de pouvoir bénéficier d'un éclairage optimal, nous proposons dans cette variante de changer les plafonniers et de redessiner leur disposition. Pour les travaux, il faut regarder s'ils peuvent être effectués par le personnel de maintenance de l'école ou s'il faut faire appel à une entreprise spécialisée. Dans la situation présente, nous reprenons le même tube que pour la variante No.2. Le prix afficher si dessous est si il ne faut pas faire appel a une entreprise.

salle	Tubes fluorescent	plafonnier	coûts
Pj21	27	14	3108.448
PJ22	47	24	5336.928

Pj23	27	14	3108.448
Pj24	35	18	3600
Pj25	19	10	2217.056
total	155	80	17370.88

Prix d un plafonnier environ 200.-(pas de source sûre)

Prix unité tubes: 11.424.-

Avantages/inconvénients

Cette variantes à l'avantage de consommer peu et d'avoir un éclairage optimum, mais malheureusement cette variantes a un cout

- **Variante 4**

Afin de pouvoir économiser le plus d'énergie nous allons regarder pour adapter des Tubes LED sur de nouveaux plafonnier. Ces tubes LED coutent 60.- et consomment environ 12W. Après discussion avec le prof, nous nous sommes mis d'accord sur la quantité de tubes LED que donnait nos calculs était trop élevé, nous allons donc en réduire le nombre dans cette variante. Afin de réduire le nombre de tubes nous allons utiliser un facteurs 1/5. Pour le plafonnier nous allons nous orienter sur un Rengent 1x36W

salle	tubes LED	plafonnier	coûts
Pj21	15	11	6334
Pj22	25	18	10392
Pj23	15	11	8310
Pj24	18	14	9972
Pj25	10	8	5540
total	83	62	40548

prix

plafonnier: 494 .-

prix tubes: 60 .-

Avantages/inconvénients

Le gros avantages de cette variantes est les fait qu'elle ne consomme presque rien se qui permettrait d'économiser énormément et qu'elle possède un bon éclairage mais malheureusement elle coute très chers.

- **Variante 5**

Comme vu ci-dessus nous avons discuté du nombre théorique de tubes par classe et nous nous sommes mis d'accord sur le fait que c'était trop élever. Nous allons donc faire pareil que la variante 2 mais en reluisants le nombre.

salle	tubes floresent	plafonnier	coûts
Pj21	22	11	2451.328
Pj22	36	18	4011.264
Pj23	22	11	2451.328
Pj24	28	14	2451.328
Pj25	16	8	1782.784
total	124	62	13148.032

prix

plafonnier: 200 .-

prix tubes: 11.424 .-

Avantages/inconvénients

L'avantages de cette variantes est le fait qu'elle consomment et coute moins que les autres , mais elle risque de compromettre le bon éclairage de la salle.

- **Notre choix**

Afin de pouvoir déterminer la meilleur variante, nous avons du peser le pour et le contre de chaque une d'elle, certaine avait de gros avantages mais également de gros inconvénients.

Celle que nous avons choisie est la variante No.2. Nous avons choisi cette variantes car elle remplissait tout nos critère sans avoir de gros inconvénients ni de gros avantages.

L'un de ses plus gros avantages est le faite d'avoir un prix de travaux relativement faible se qui permettra d'amortir se montant rapidement.

5. Amortissement (coûts/bénéfices)

i. Coûts totaux (matériel + travaux)

Pour notre projet, nous nous étions mis d'accord pour que la solution à retenir soit celle qui nous fasse dépenser le moins d'argent possible et celle qui nous permettrait la plus grande économie d'énergie sur plusieurs années afin d'entraîner à long terme une baisse de CO2 rejeté dans la nature.

Nous avons donc retenu la variante 2, celle qui nous permettra d'économiser le plus d'énergie à moindre frais.

Pour effectuer ces changements, il nous faudra un budget d'environ Fr. 1770.- si les travaux peuvent être effectués par les employés de l'école.

Par contre, s'il faut faire intervenir une entreprise spécialisée dans le domaine de l'éclairage, cela va engendrer des frais supplémentaires.

ii. Économie d'énergie réalisée (économie en CHF et économie de tonne de CO₂)

Ces travaux permettraient à notre établissement scolaire d'économiser de l'énergie, mais également de l'argent d'ici quelques années.

En effet, comme nous l'avons vu dans l'un des chapitres précédents, les frais d'éclairage des salles de classe du deuxième étage est d'environ 28.- par semaine, ce qui n'est pas forcément très élevé, mais, sur année, cela représente tout de même 1'092.-.

Dans le tableau ci-dessous, vous pourrez constater que les changements effectués portent leurs fruits. (Les calculs ont été effectués si les lampes sont allumées toute la journée). Mais ce n'est pas le cas, nous avons estimé que la lumière sur une année devait être utilisée à 40%

Consommation annuelle après travaux

salle	consommation [kW]	temps [h]	énergie
PJ21	0.945	237.9	224.8155 kwh
PJ22	1.645	401.7	660.7965 kwh
PJ23	0.945	370.5	350.1225 kwh
PJ24	1.225	378.3	463.4175 kwh
PJ25	0.665	335.4	223.041 kwh
total	5.425	1723.8	1922.193 kwh

Frais annuels après travaux

prix kWh 0.106 SFR

salle	énergie [kWh]	temps	couts
PJ21	224.8155	237.9	23.830443 frs
PJ22	660.7965	401.7	70.044429 frs
PJ23	350.1225	370.5	37.112985 frs
PJ24	463.4175	378.3	49.122255 frs
PJ25	223.041	335.4	23.642346 frs
total	1922.193	1723.8	203.752458 frs

On constate en effet qu'il y a une réelle différence avec les améliorations apportées. En termes d'argent, ces changements permettraient d'économiser fr. 231.- par année sur cette étage, mais ce n'est pas tout, ce nouvel éclairage permettrait également de rejeter moins de CO₂ et ceci se mesure en tonne. Actuellement, le rejet annuel est

de 0.369 tonnes de CO₂, mais avec les modifications, le rejet annuel passerait à 0.172 tonnes ce qui correspondrait à un peu moins de la moitié.

Certes, les travaux sont coûteux, mais apportent une réelle amélioration.

En comparant les 2 tableaux ci-après, on a la preuve de cette amélioration.

Sur une année sans modifications

salle	consommation [kW]	temps [h]	énergie [kWh]	co2 [kg]
pj21	2.784	237.9	662.3136	59.608224
pj22	2.088	401.7	838.7496	75.487464
pj23	2.61	370.5	967.005	87.03045
pj24	2.784	378.3	1053.1872	94.786848
pj25	1.74	335.4	583.596	52.52364
total	12.006	1723.8	4104.8514	369.436626

Rapport:0.09kg de co2 donne 1kwh (moyenne)

Sur une année avec modifications

salle	consommation [kW]	temps [h]	énergie [kWh]	co2 [kg]
pj21	0.945	237.9	224.8155	20.233395
pj22	1.645	401.7	660.7965	59.471685
pj23	0.945	370.5	350.1225	31.511025
pj24	1.225	378.3	463.4175	41.707575
pj25	0.665	335.4	223.041	20.07369
total	5.425	1723.8	1922.193	172.99737

iii. Temps pour amortir

Il faudra attendre 7ans et demi pour que les investissements du départ soient amortis et que ces améliorations deviennent rentables financièrement, mais l'amélioration au niveau énergétique se fera dès le premier jour.

6. Conclusion

Nous avons travaillé dur pour que ce projet naisse un jour et le voila terminé. Nous sommes très satisfait de notre travail, car grâce a cela nous pourrons tenter de montrer, qu'en faisant de simples modifications nous pouvons espérer économiser beaucoup d'argent sur une longue période, mais également réduire la quantité de Co₂ émis dans l'atmosphère. En effet par le simple fait de changer les tubes fluorescents de plusieurs salles de classe, nous pouvons réduire la facture annuelle environ de moitié. En effet au début elle est d'environ de 435.- et grâce aux

modifications apportées nous avons réussi à la réduire à 203.-. Ce qui, pour nous est une grande réussite. Mais pour nous le plus important, c'est la quantité de CO₂ émis dans l'atmosphère. En effet, en Suisse la quantité de CO₂ émis pour 1kWh est de 0.09kg, ce qui peut paraître peu. Mais sur une année cela représente tout de même 0,369 tonnes de CO₂ ! Grâce aux modifications apporté l'on peut réduire cette quantité jusqu'à 0.172 tonnes ! Ce qui est relativement satisfaisant.

Malheureusement pour arriver à de tels résultats, il y a un certain montant à investir. Pour le réaliser, il nous faudra environ un budget de 1770.-. Ce prix n'est pas relativement élevé car il ne faudra pas apporter énormément de changement, et grâce à cela l'on pourra espérer le garder pendant de nombreuses années. Pour que ce projet se réalise, il faudra qu'au bout d'un certain temps il devienne rentable et qu'il permette de faire du bénéfice! Mais il faudra tout de même un peu plus de 7 ans pour que cela devienne rentable. Pour nous, nos objectifs ont été réalisés. En effet notre but premier était de trouver un moyen d'économiser de l'énergie tout en émettant moins de CO₂ dans la nature, ce que nous avons pu démontrer au moyen de ce TPI.

7. Annexe

i. Sources

Pour notre TPI afin d'être informé le mieux possible, nous avons beaucoup fait de recherches sur internet. Nous y avons trouvé de tout. Mais nous allons vous donner les sites qui pour nous sont les plus intéressants et qui offrent le plus de contenu.

www.wikipédia.com

www.topten.ch

www.myclimate.ch

www.minergie.ch

www.google.ch

<http://energie-environnement.ch/>

www.toplicht.ch

ii. Visites

Nous avons également eu la chance de pouvoir découvrir certains locaux de l'entreprise de Sonceboz SA, ce qui nous a permis de nous rendre compte de tous les travaux réalisables au sein de notre école. Nous n'avons malheureusement pas pu tout découvrir car nous étions là pour un entretien.

iii. Bibliographie

En ce qui concerne la bibliographie, nous avons utilisé certains catalogues de vente comme par exemple Conrad mais qui ne nous a guère été utile. Sinon nous n'avons pas utilisé de livres spécifiques car il n'en existe pas beaucoup et il ne nous aurait pas été d'une grande utilité. Par contre nous avons reçu quelque PDF de spécialiste ci qui nous grandement été utile.

iv. Spécialistes

Nous avons aussi fait appel à certains spécialistes, comme dit précédemment, ce qui a été une grande aide pour le déroulement de ce projet, toutes les méthodes de calculs de lumière nous ont été expliquées par ces derniers. Nous exprimons des remerciements infinis à leur égard.

Le premier expert s'appel monsieur Tissot. Voici ces références :

Patrick Tissot
Responsable des infrastructures
& système de sécurité
Sonceboz SA

Le second expert que nous avons consulté travaille dans un bureau d'ingénierie (ACE Sàrl) :

Alain Cosandier
Faubourg 18
2056 Dombresson

v. Photos des lieux

PJ 21 (faces ouest et sud)





PJ 22 (faces sud et est)

PJ23 (faces est et nord)



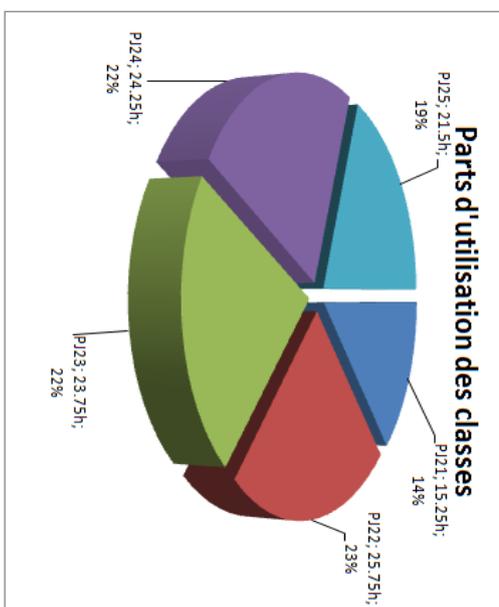
PJ 24(face nord)

PJ 25 (faces nord et ouest)



vi. graphiques et tableaux

Fréquentation des salles de classe



	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi		Total par salle hebdomadaire
	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi	
P121	0	0	3.5	3.5	2	2.75	0	0	3.5	0	15.25
P122	3.5	2	3.5	3.5	0	3.5	3.5	3.5	0	2.75	25.75
P123	3.5	2	3.5	2.75	0	0	3.5	1.5	3.5	3.5	23.75
P124	3.5	2.75	3.5	1.25	2.75	0	3.5	2	3.5	1.5	24.25
P125	0	0	3.5	2.75	0	2.75	3.5	2.75	3.5	2.75	21.5
Total journalier 1	10.5	6.75	17.5	13.75	4.75	9	14	9.75	14	10.5	
Total journalier 2	17.25		31.25	13.75	13.75	23.75	24.5				
Total hebdomadaire	110.5										

Consommation et prix sur une année avant les travaux

salle	consommation	heures	énergie
PJ21	2.784 kw	237.9	662.3136 kwh
PJ22	2.088 kw	401.7	838.7496 kwh
PJ23	2.61 kw	370.5	967.005 kwh
PJ24	2.784 kw	378.3	1053.1872 kwh
PJ25	1.74 kw	335.4	583.596 kwh
total	12.006 kw	1723.8	4104.8514 kwh

salle	énergie	heures	coût
PJ21	662.3136 kwh	237.9	70.2052416 frs
PJ22	838.7496 kwh	401.7	88.9074576 frs
PJ23	967.005 kwh	370.5	102.50253 frs
PJ24	1053.1872 kwh	378.3	111.637843 frs
PJ25	583.596 kwh	335.4	61.861176 frs
total	4104.8514 kwh	1723.8	435.114248 frs

vii. Calculs

- **Eclairage actuel**

Pour arriver à nos résultats, nous avons procédé comme suis :
en prenant PJ21 comme exemple.

Hauteur	2.712m
Surface	70m ²
Nombre de tubes fluorescents	48
Flux lumineux d'un tube	4600 lm

Nous avons utilisé la formule du carré des distances, $E_1 \cdot r_1 = E_2 \cdot r_2$. $E_1 \cdot r_1$ correspond à l'éclairage à un mètre de la source. Nous voulons connaître l'éclairage au sol, à 2.7m de la source ($E_2 \cdot r_2$).

Dans un premier temps il nous faut E_1 , nous l'obtenons en multipliant le nombre de lumen par le nombre de tubes et en divisant par la surface. Donc $\frac{48 \cdot 4600}{70} = 3154$ lux. La distance r_1 vaut 1m et r_2 vaut 2.712m. Pour trouver E_2 nous allons faire $\frac{E_1 \cdot r_1}{r_2}$ donc $\frac{3154 \cdot 1}{2.712} = 1163$ lux.

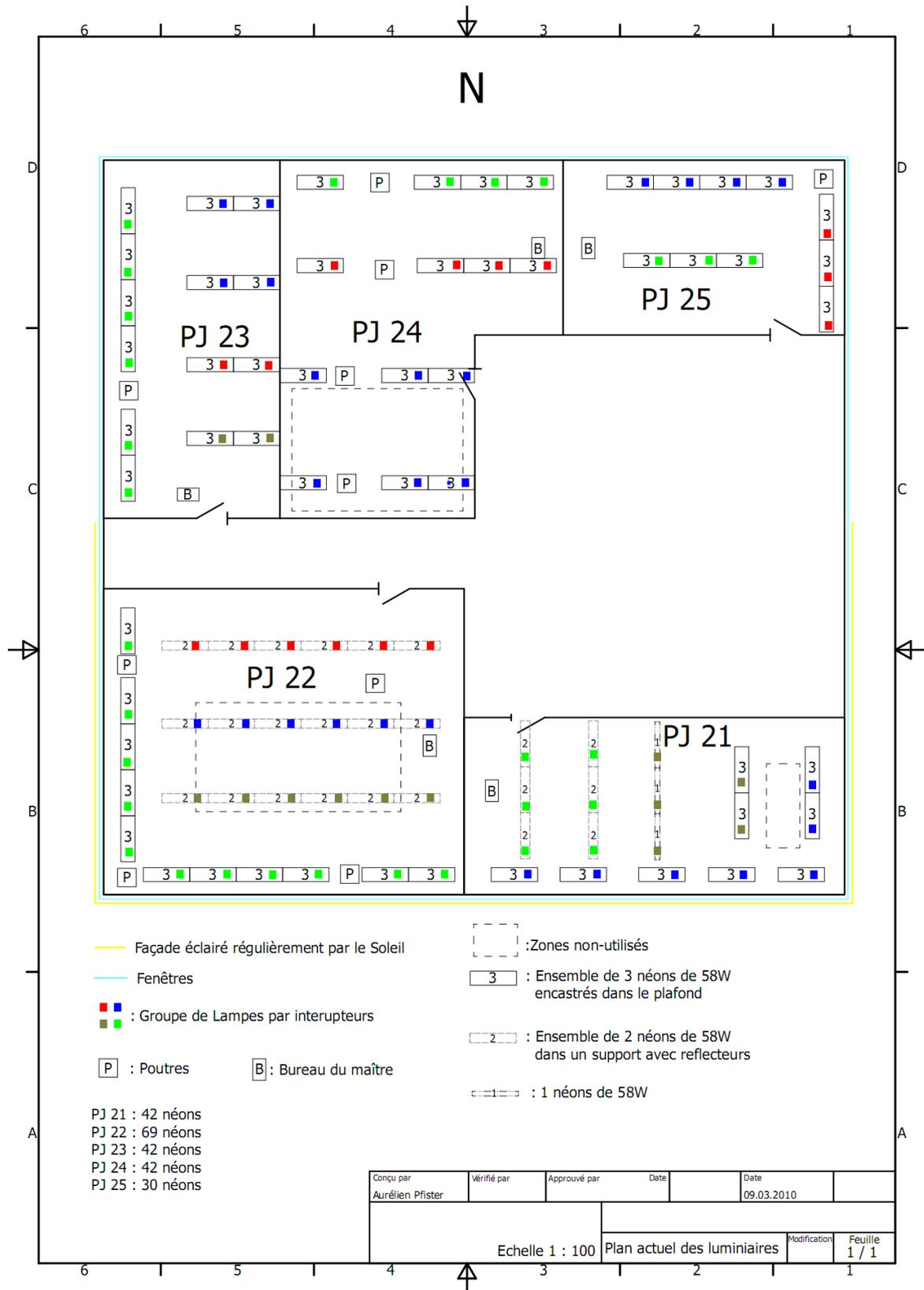
Pour les autres classes le même calcul s'applique, il suffit de changer le nombre de tubes ainsi que la surface.

- **Nombre de nouveaux tubes**

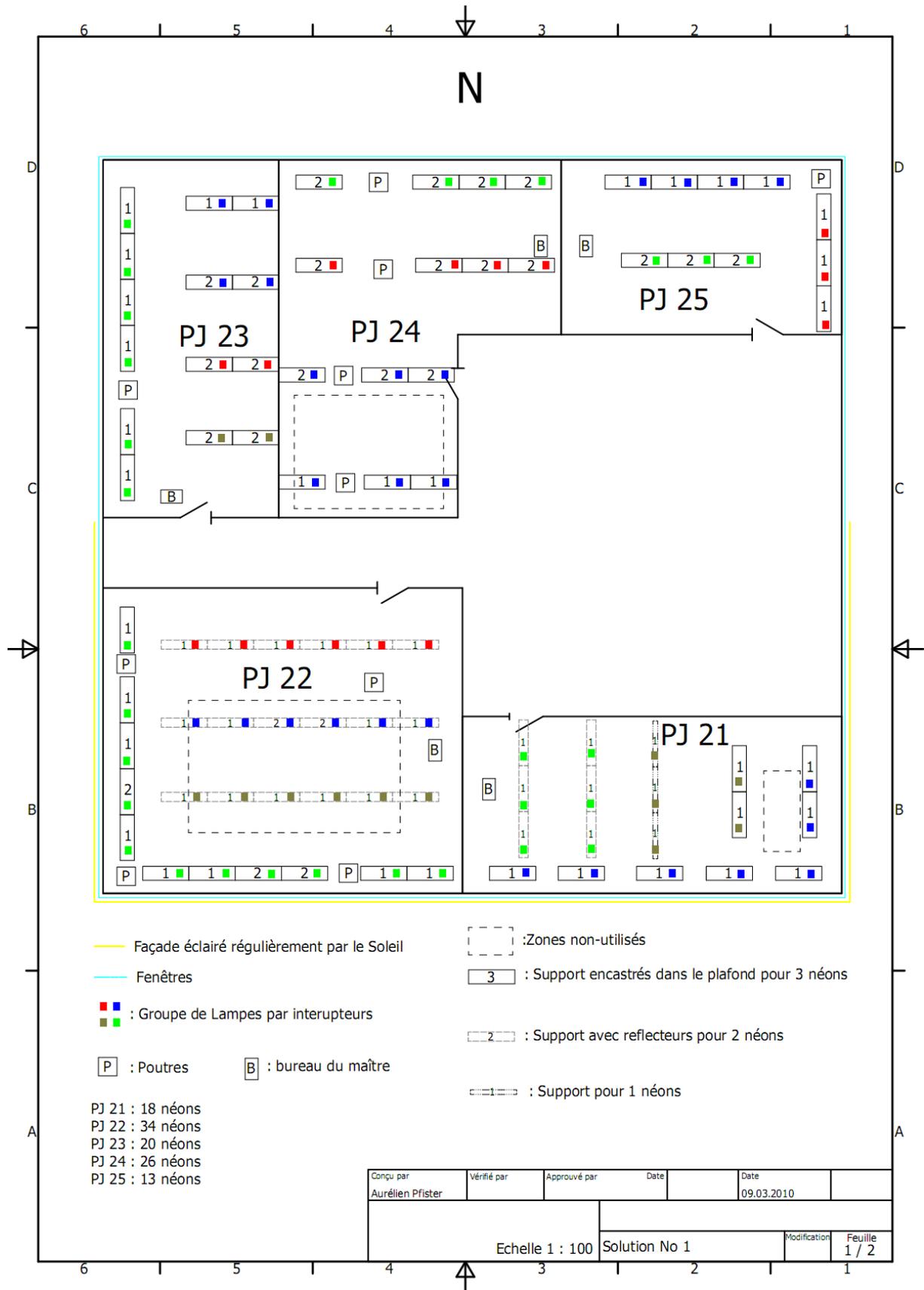
Pour calculer le nombre de nouveaux tubes fluorescents, il faut les formule $E1 \cdot R1 = E2 \cdot R2$ et également $E = \frac{\emptyset \cdot x}{A}$ où \emptyset représente les lumens émis par la source [lm] (tube), x étant le nombre de tubes, A la surface éclairée [m^2] et E l'éclairement sur un m^2 [lux]. Grâce à ces formules nous allons pouvoir trouver le nombre de tubes par classe qu'il conviendrait de mettre. Premièrement nous allons utiliser la formule N0. 1, nous allons la modifier pour obtenir ceci : $E1 = \frac{E2 \cdot R2}{R1}$. Nous allons donc obtenir E . Ensuite nous allons prendre la formule No. 2 et la transformer en $x = \frac{E \cdot A}{\emptyset}$ et nous allons finalement obtenir le nombre de tubes.

viii. Plan

Situation actuelle



Projet 1



Projet 3

