

Note STT

Comparaison environnementale de différentes solutions de gestion centralisée de l'éclairage



Version / Date	Version 1.0 du 14/09/2022
Auteur et contact	Rémy BECCAT – 04 78 77 52 41– remy.beccat@amoès.com
Validé par	Lucie Dente

Sommaire

Contexte	2	4 Conclusions et perspectives	16
Préambule : rappels théoriques et pratiques.....	2		
1 introduction.....	4		
2 Présentation des différents cas étudiés	5		
2.1 Liste et impact carbone du matériel invariant	5		
2.2 Cas 1 ou cas de base – commande locale « classique » sans GTC	6		
2.3 Cas 2 – autorisation de marche :	6		
2.4 Cas 3 – gradation et autorisation de marche via le protocole DALI :	7		
2.5 Estimation des quantitatifs	8		
3 Analyse de l'impact d'une GTC	10		
3.1 Impacts environnementaux	10		
3.2 Pertinence environnementale	12		
3.2.1 Surconsommation électrique.....	12		
3.2.2 Economies d'énergies mesurées	13		
3.2.3 Temps de retour Carbone	13		
3.2.4 Performance énergétique minimale	13		
3.2.5 Pertinence environnementale des cas étudiés.....	14		

Contexte

La gestion technique centralisée (GTC) offre la possibilité de piloter un type d'équipement du bâtiment ; chauffage, ventilation, éclairage, etc. Cela permet l'optimisation et la réduction des consommations énergétiques. Néanmoins le cycle de vie des équipements la composant n'est pas neutre sur le plan environnemental.

Dans le cadre de notre travail de maîtrise d'œuvre fluide et environnement ou d'assistant à maîtrise d'ouvrage, nous sommes amenés à recommander ou à définir des solutions de gestion centralisée de l'éclairage. Afin d'assurer la qualité environnementale du bâtiment et par cohérence avec nos valeurs nous ne pouvons recommander de tels systèmes sans vérifier leur pertinence environnementale.

C'est dans ce cadre que nous avons cherché à confronter l'impact du cycle de vie de l'ensemble des équipements composant une GTC de l'éclairage aux émissions carbone qu'elle permet d'éviter.

Préambule : rappels théoriques et pratiques

En pratique de nombreux termes sont utilisés pour désigner plusieurs composants différents, par exemple le terme ballast peut à la fois désigner un ballast ferromagnétique ou bien un gradateur Dali compatible. Or ces deux composants n'ont pas la même fonctionnalité. Les rappels de cette partie ont pour but de définir les termes employés et donc d'assurer la bonne compréhension de l'étude qui va suivre.

Appareillage

Certaines lampes ne peuvent pas être connectées directement au réseau électrique, c'est le cas des LED et des lampes à décharge (sodium, halogénures – ou iodures – métalliques et fluorescence), elles nécessitent alors un appareillage afin que la lampe et le réseau soient compatibles.

Le Tableau 1 présente une synthèse du nom de l'appareillage utilisé en fonction du type de luminaire.

Type de luminaire	Appareillage
Lampes à incandescences	Aucun – se connectent directement au réseau
Lampes halogènes	
Lampes à décharges type tubes fluorescent	Ballast ferromagnétique et starter ou ballast électronique
Lampes à décharges type fluocompactes économique	
LED	Driver ou alimentation LED (transformateur et redresseur)

Tableau 1 : appareillage selon le type de luminaire

Aujourd'hui les LED sont presque systématiquement utilisées pour l'ensemble des usages. Cela est dû à leurs meilleures performances énergétiques et leur longue durée de vie.

La gradation

La gradation est le fait de moduler l'intensité lumineuse émise par un luminaire. Cette modulation est effectuée par un gradateur à partir d'une commande.

En fonction du type de luminaire, la technologie et le procédé physique sont différents, le Tableau 2, en présente une synthèse.

Type de luminaire	Technique de gradation	Composant réalisant la gradation
LED	PWM (Pulse Width Modulation) ou modulation d'amplitude	Alimentations électroniques ou drivers gradables
Lampes à décharge (fluorescentes et fluocompactes)	Variation de la fréquence	Ballast électronique gradable
Lampe incandescente ou halogène	Découpage de phase	Variateur à découpage de phase

Tableau 2 : gradateur et technique de gradation en fonction du type de luminaire

Le gradateur peut ensuite être commandé de différentes manières. En autres par :

- Une commande analogique locale 1-10V.
- Un bouton poussoir.
- Une commande DALI.
- Une technologie de communication sans fil.

Contacteur

Un contacteur est un appareil électronique établissant ou interrompant le courant en fonction d'une commande. Dans notre cas la commande est un signal basse tension et est délivrée par un automate. Ce dernier peut être programmé par l'utilisateur.

DALI

DALI est un protocole de communication et de pilotage des différents équipements d'éclairage. Une gestion de l'éclairage de type DALI est composée des éléments suivants :

- Automate (ou contrôleur), qui commande les luminaires.
- Luminaires.
- Appareillages DALI compatibles, qui établissent l'allumage ou la gradation des luminaires selon la commande.
- Bus de commande (câble 1 paire 2 fils), qui transporte la commande électrique.
- Détecteurs de luminosité ou de présence DALI compatibles. (Ce dernier élément n'est pas nécessaire au bon fonctionnement de la GTC)

Le principe de fonctionnement DALI implique qu'il n'est pas possible de piloter plus de 64 appareillages simultanément. En effet dans le signal de commande l'adresse de l'appareillage qui doit lire l'information est codée dans 1 octet, d'où la limite précédente.

1 | introduction

En première approche nous pouvons considérer que l'impact carbone et environnemental d'une solution technique est relatif :

- Au nombre d'éléments la composant.
- À la complexité des processus de production de ses composants.
- À la consommation énergétique sur l'ensemble du cycle de vie.

Intuitivement certaines solutions de GTC nous paraissent trop complexes pour que leur impact environnemental soit négligeable devant les économies d'énergie qu'elles permettent.

Notre objectif premier était donc de confirmer ou d'infirmer cette intuition en menant une étude rigoureuse. Pour cela nous nous sommes intéressés à un cas pratique ; l'utilisation d'une GTC de l'éclairage dans un groupe scolaire de 2805 m², comptant une vingtaine de salle de classes ainsi qu'une cuisine et un réfectoire. Afin de répondre à cette question nous avons utilisé la méthode suivante :

- Définition des différentes solutions de GTC étudiées.
- Evaluation des métrés et des quantitatifs des différents composants.
- A partir de la base INIES¹ (à la date de Septembre 2020) et de données constructeurs, évaluation de l'impact Carbone et de la consommation électrique.
- Estimation des économies d'énergie potentielles.
- Comparaison de l'impact carbone aux émissions évitées.

En pratique la base INIES ne contenait pas d'informations spécifiques sur les composants DALI. Nous n'avons donc pas pu nous intéresser à ce seul protocole. Finalement nous avons mené nos comparaisons carbonées en fonction des paramètres suivants :

- Nombres de sortie indépendantes de l'automate.
- Type de fonctionnalités pilotées.
- Solution de gestion centralisée ou locale.

¹ Base de données contenant les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment, y compris l'impact carbone

2 | Présentation des différents cas étudiés

Avant de présenter plus en détail chacun des cas étudiés, le Tableau 3 suivant les présente de manière synthétique :

Cas	Fonctionnalité	Avec GTC	Sans GTC
1	Gestion usuelle par interrupteur	/	/
2	Pilotage de l'autorisation de marche	GTC pilotant des contacteurs Cas 2a et 2b	Interrupteur horaire en tableau Cas 2réf
3	Pilotage de la gradation	GTC pilotant des gradateurs selon des détecteurs de luminosité Cas 3a et 3b	Gradateurs pilotés en local selon des détecteurs de luminosité Cas 3réf

Tableau 3 : présentation synthétique des cas étudiés

2.1 | Liste et impact carbone du matériel invariant

Afin d'avoir un ordre de grandeur des quantitatifs en jeu dans ce groupe scolaire, le matériel d'éclairage, le câblage, ainsi que leur impact sont présentés en Tableau 4 ci-contre :

Nom	Quantités	Impact Carbone (kgeqCO2/m²SDP)
Chemin de câbles CFO	250 ml (mètre linéaire)	2.85
Chemin de câbles CFA	250 ml	2.85
Câbles CFO	~3000 ml	15.45
Câbles CFA	~3000 ml	5.72
Luminaires LED et leur driver	431 u (unités)	22.36
Eclairage de sécurité	45 u	2.12
Détecteur de mouvement	66 u	0.83
Interrupteurs	105 u	0.2
Tableau général des basses tensions (TGBT) - 20 départs	1 u	0.06
Tableau divisionnaire (TD) - 150 départs	3 u	1.38

Tableau 4 : Quantitatif du matériel d'éclairage ainsi que l'impact carbone rapporté à la surface de plancher

En plus du cas de base, nous avons étudié 6 systèmes de gestion de l'éclairage regroupés en 2 cas généraux.

2.2 | Cas 1 ou cas de base – commande locale « classique » sans GTC

Dans ce premier cas il n'y pas de GTC. Ce sont les interrupteurs et les disjoncteurs qui permettent à l'utilisateur de contrôler l'éclairage, cf. Figure 1.

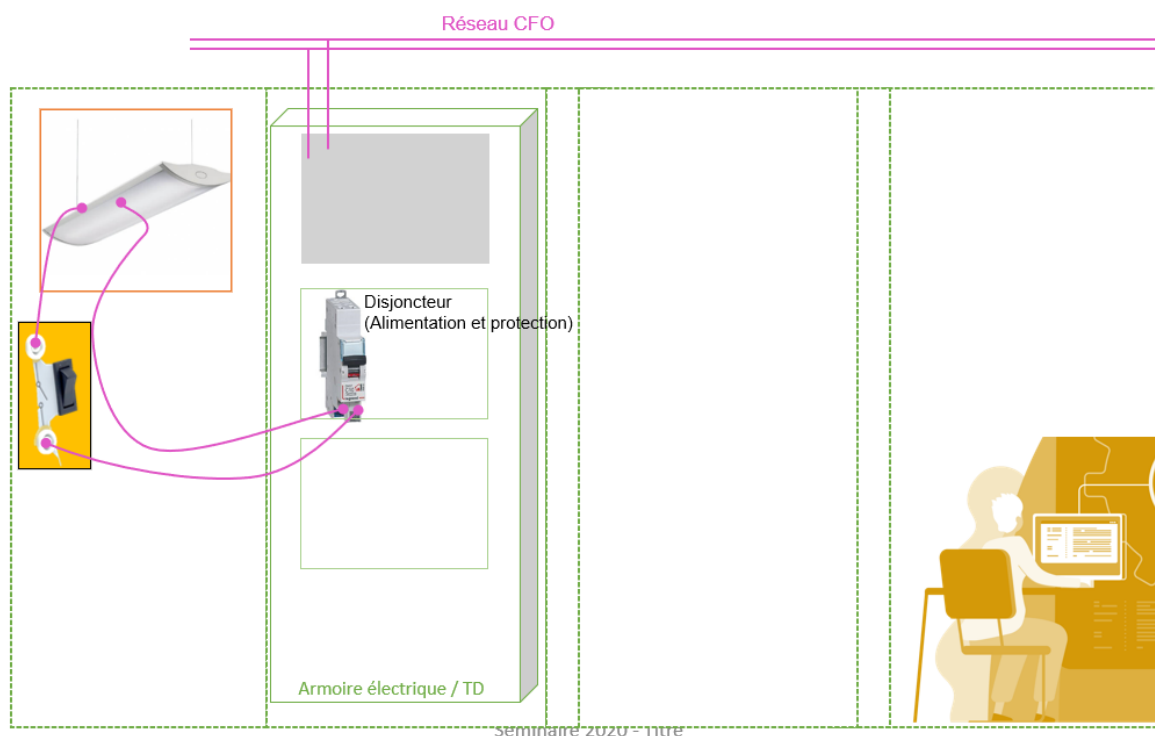


Figure 1 : cas 1 – commande classique sans GTC

2.3 | Cas 2 – autorisation de marche :

Avec GTC (cas 2a et 2b)

Ce cas suppose une gestion centralisée, où un automate établit, à partir des consignes données via l'interface, l'autorisation de marche des luminaires. La Figure 2 présente un schéma de la configuration étudiée.

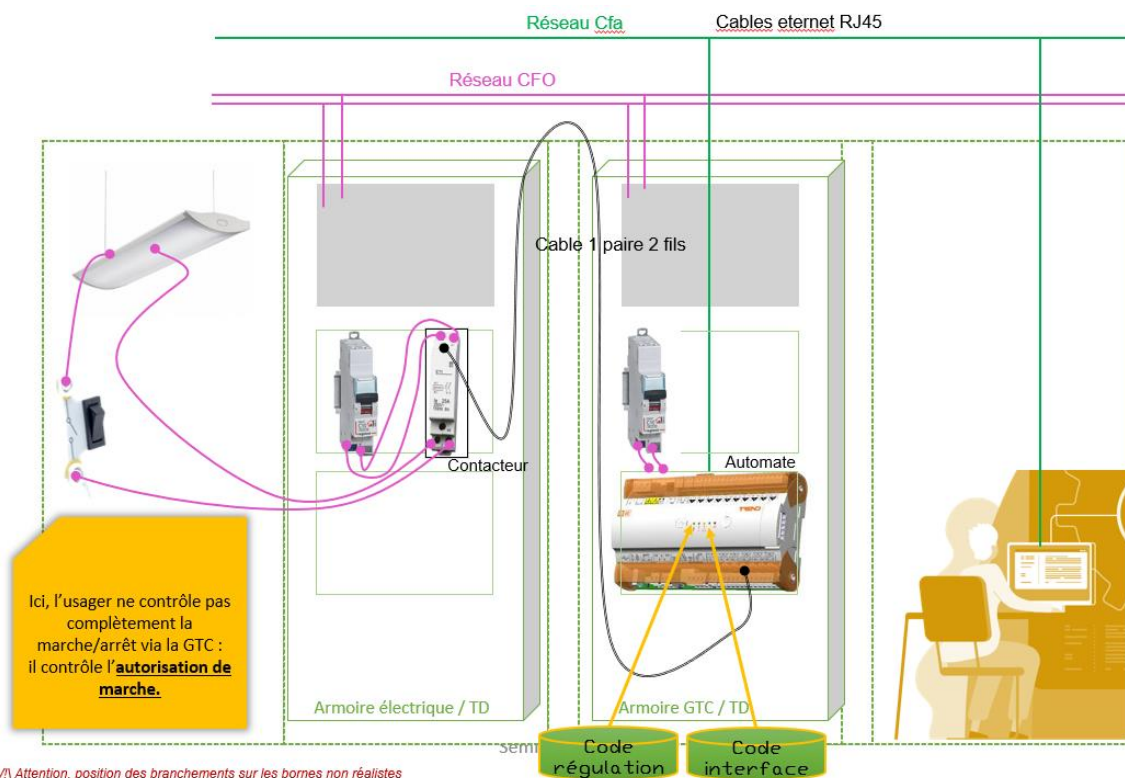


Figure 2 : cas 2 – commande GTC avec autorisation de marche

Pour ce cas nous nous sommes intéressés à deux architectures pilotant l'autorisation de marche des luminaires selon un maillage plus ou moins fin. Le cas 2a où l'école est séparée en 3 zones et le cas 2b en 64 zones, soit une par groupe de luminaire (il y a environ 2 groupes de luminaires par salle de classe et 1 groupe de luminaire pour les autres pièces)

Cas	Nombre de zone	Nombre de contacteur
2 a	3	3
2 b	64	64

Tableau 5 : cas 2a et 2b

Sans GTC (Cas 2 réf)

Dans ce cas il n'y a pas de GTC et c'est un interrupteur horaire en tableau qui pilote l'autorisation de marche. Pour ce cas la programmation horaire de l'école est séparée en trois zones

2.4 | Cas 3 – gradation et autorisation de marche via le protocole DALI :

Avec GTC (cas 3a et 3b)

Pour ce cas nous nous intéressons à une GTC pilotant la gradation et l'autorisation de marche des luminaires avec comme entrée la luminosité dans la pièce. La Figure 3 présente un schéma de la configuration étudiée.

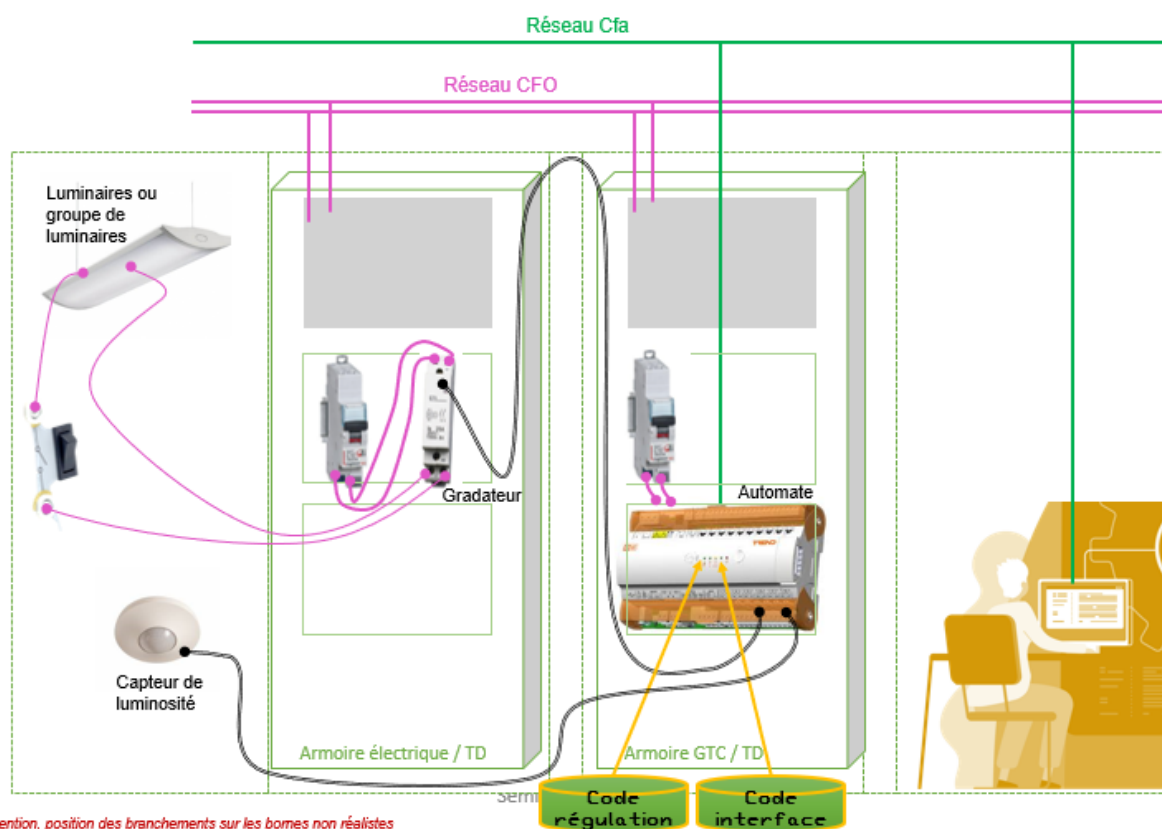


Figure 3 : cas 3 – commande GTC avec gradation et autorisation de marche

Comme précédemment nous nous sommes intéressés à deux solutions différentes. Le cas 3 a où le groupe scolaire est séparé en 64 zones et le cas 3 b où le maillage, 2 fois plus fin, est réparti en 128 zones. Dans ces deux cas nous avons considéré un détecteur de luminosité par pièce (hors sanitaires), soit environ 25 détecteurs de luminosité.

Sans GTC (cas 3 réf)

Dans ce cas les gradateurs établissent leur commande à partir du signal envoyé par le capteur de luminosité et non à partir de la consigne établie par l'automate. Pour ce cas les autres hypothèses sont identiques au cas 3 a.

2.5 | Estimation des quantitatifs

Pour chacun des cas précédents nous avons estimé les quantités et métrés. Pour ce faire nous nous sommes servi des plans de la Figure 4 ci-dessous et des hypothèses suivantes :

- L'automate est relié aux contacteurs ou aux gradateurs par un bus de communication en câble 1 paire 2 fils.
- Les contacteurs et gradateurs sont reliés aux luminaires par un câble CFO. Leur ajout ne modifie donc pas la longueur totale de CFO
- L'automate est situé à l'intérieur du TGBT.
- L'automate est relié à l'interface utilisateur par un câble Ethernet RJ45, directement ou bien via le réseau du bâtiment. Nous considérons ici la liaison entre l'automate et l'interface au point de connexion réseau à proximité.
- Le point de connexion réseau est situé à 1m de l'automate

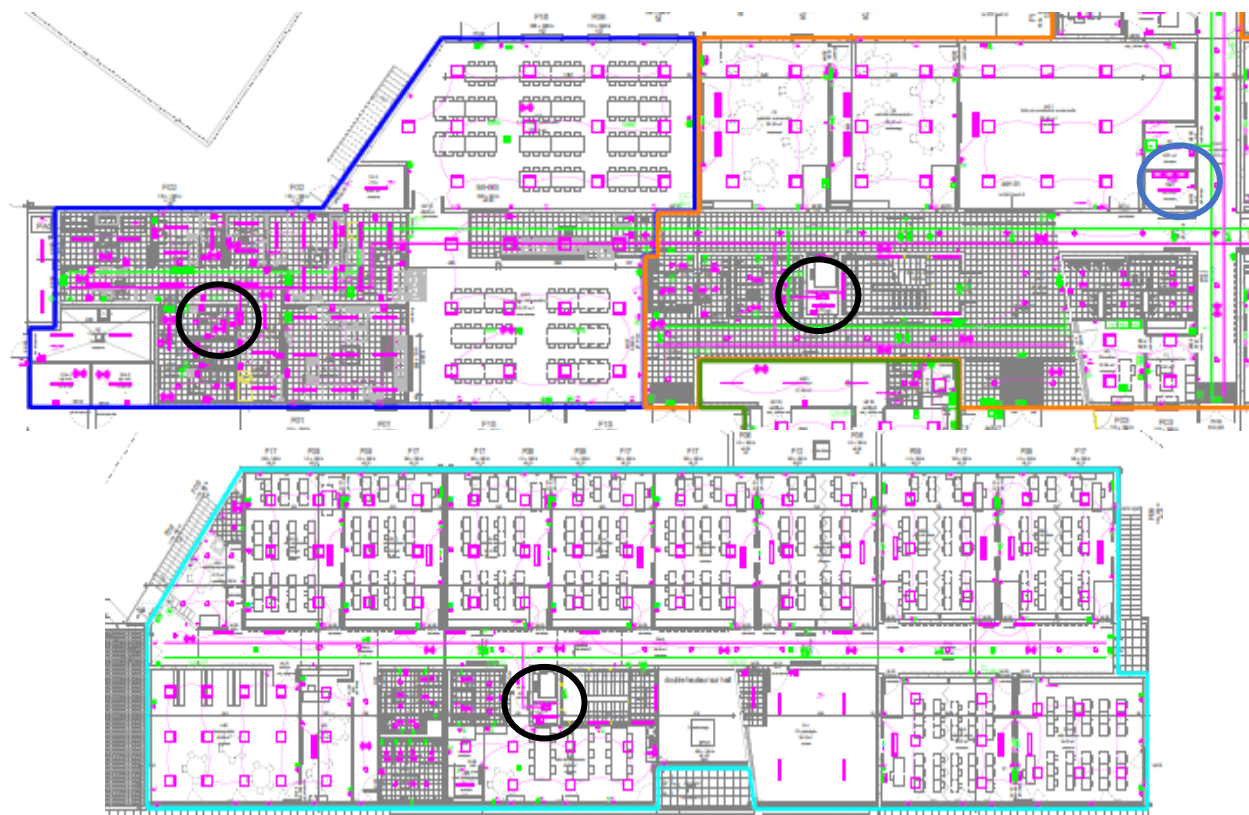


Figure 4 : Plan électricité GS Décines RDC et R+1, le TGBT et les TD entourés respectivement en bleu et en noir

Ce faisant nous avons obtenus les quantitatifs présentés en Tableau 6.

Composant – (unité efficace (UF))	Autorisation de marche			Gradation et autorisation de marche		
	Sans GTC	Avec GTC		Sans GTC	Avec GTC	
	Cas 2 réf	Cas 2 a	Cas 2 b	Cas 3 réf	Cas 3 a	Cas 3 b
Interrupteur horaire (u)	1	-	-	-	-	-
Automate - (u)	-	1	1	-	1	2
Contacteur - (u)	-	3	64	-	-	-
Gradateur- (u)	-	-	-	64	64	128
Cable (1 paire 2 fils) - (m)	-	45	960	200	960	1440
Détecteur de luminosité	-			25	25	25
Cable interface - automate (Ethernet RJ45) - (m)	-	1	1	-	1	1

Tableau 6 : Quantitatif pour l'ensemble des cas

L'étape suivante a été de trouver, sur la base de données Inies, des fiches environnementales et sanitaires (FDES) correspondant aux différents composants. Ces fiches sont la transcription de l'analyse de cycle de vie des matériaux utilisés dans le secteur du bâtiment. Elles sont encore peu nombreuses pour le lot électricité.

3 | Analyse de l'impact d'une GTC

3.1 | Impacts environnementaux

Le Tableau 7 présente les FDES utilisées ainsi que les impacts carbonés et les consommations énergétiques associées.

Composant – (UF)	Nom de la FDES	Durée de vie	Impact Carbone (kgqCo2/UF)	Incertitudes*	Puissance moyenne consommée (W)	Incertitudes*
Contacteur - (u)	MODULAR CONTACTOR (v.1.1)	20	$4,0 \times 10^0$	± 30%	0.11	± 30%
Cable 1 paire 2 fils - (m)	Câbles BUS	30	$3,0 \times 10^{-1}$	± 30%	-	-
Cable Ethernet RJ45 - (m)	Cable WAN Blue RJ45 1m	10	$3,8 \times 10^{-1}$	± 30%	-	-
Automate - (u)	Moyenne automate	10	$2,2 \times 10^2$	± 35%	3.6	± 30%
Gradateur - (u)	Remote Control Dimmer universal 500W	10	$7,5 \times 10^0$	± 30%	0.12	± 40%
Détecteur de luminosité (u) Et Interrupteur horaire (u)	Presence detector 360° monobloc KNX / DALI	10	$2,9 \times 10^{-1}$	± 30%	0.08	± 30%

Tableau 7 : présentation des FDES retenues

*Pour les valeurs moyennées l'incertitude correspond à l'écart type entre les différentes valeurs des FDES. Pour le reste les incertitudes ont été prises par défaut à 30%

Connaissant les quantitatifs et les impacts environnementaux pour chacun des composants nous avons pu calculer les impacts des différentes architectures. En Figure 5 nous présentons ces résultats ainsi que les incertitudes associées.

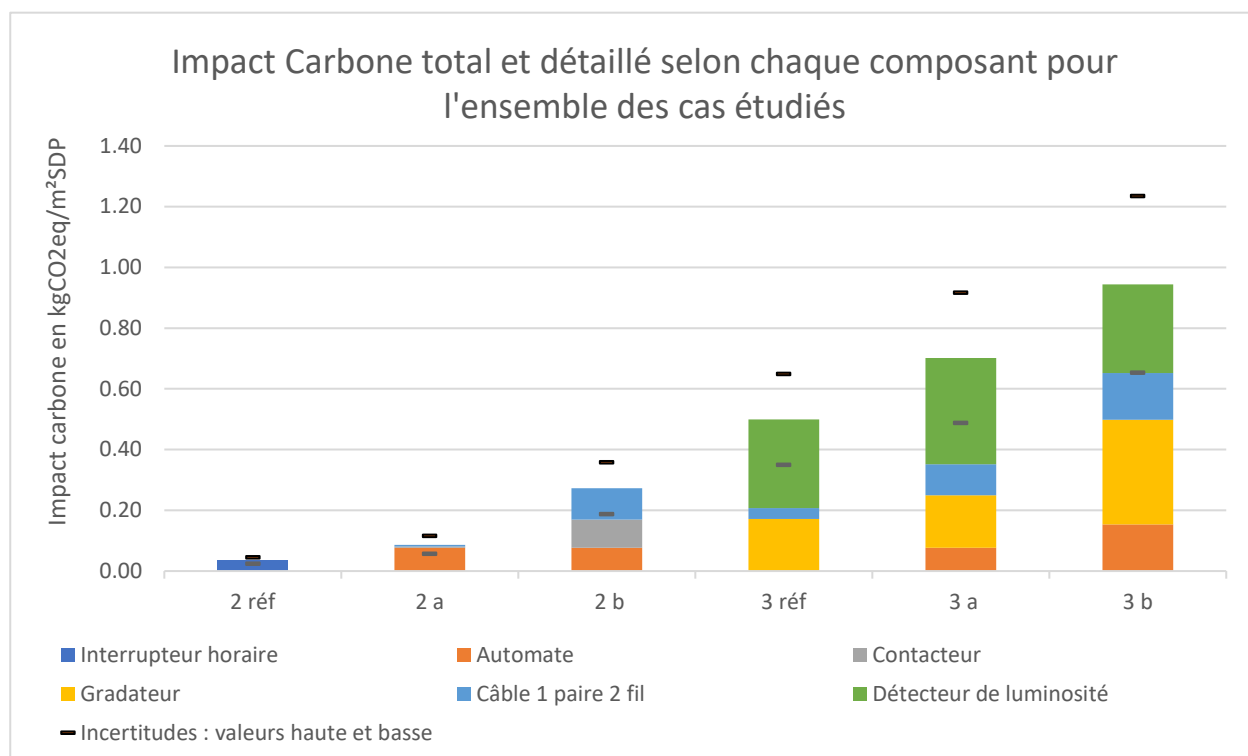


Figure 5 : Impact Carbone des différents cas étudiés et incertitudes associées

Dans le cas 3b, la solution de commande de l'éclairage augmente le bilan carbone du poste éclairage (de 54 kg eqCO₂/m²SDP au total) de près de 2%.

Les émissions de cette solution équivalent à l'ensemble du cycle de vie de **16 ordinateurs fixes**, soit environ 2,7 teqCO₂. Celle de la **solution 2b à 5 ordinateurs** ; soit environ 0,7 teqCO₂.

Comme attendu, l'augmentation des fonctionnalités de la solution, comme le fait de contrôler individuellement un plus grand nombre de groupes de luminaire ou de piloter l'autorisation de marche et la gradation, s'accompagne d'une augmentation significative des impacts environnementaux. Ainsi le cas 3b a un poids carbone 2 fois supérieurs au cas 3a, et le cas 2b 5 fois supérieur au cas 2a.

Il est intéressant de noter que, mis à part la longueur de câble pour le cas 2a, aucun des composants n'a un impact négligeable devant les autres.

De manière identique, nous avons pu calculer la puissance électrique appelée par ces solutions, cf. Figure 6. Les mêmes constats peuvent être faits, augmenter le nombre de point et le nombre de fonctionnalités pilotées s'accompagne d'une hausse de la consommation énergétique.

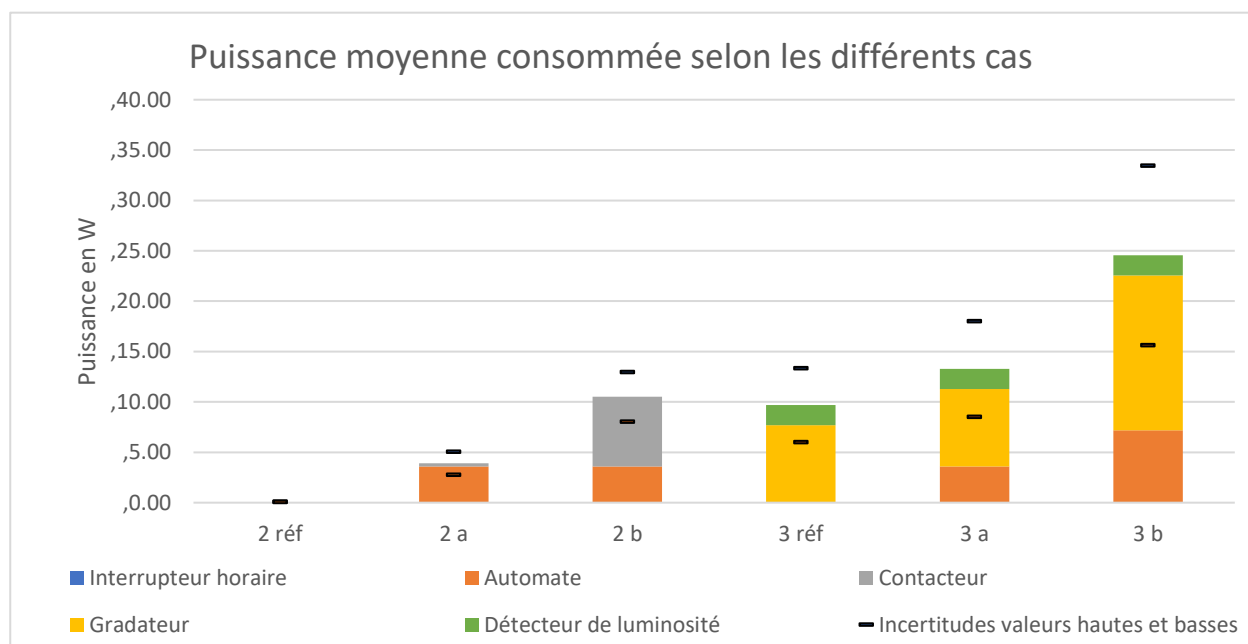


Figure 6 : Puissance moyenne consommée des différents cas étudiés et incertitudes associées

Ces résultats ne permettent pas à eux seul de juger de l'intérêt environnemental de ces solutions. Pour cela nous devons évaluer la réduction des consommations d'énergie que ces solutions permettent et les mettre en perspective.

3.2 | Pertinence environnementale

Pour comparer les différentes solutions de commande (avec et sans GTC), nous avons utilisé deux indicateurs environnementaux ; la surconsommation électrique et le temps de retour Carbone.

3.2.1 | Surconsommation électrique

Connaissant la valeur de consommation électrique moyenne pour l'éclairage des bâtiments du type groupe scolaire², et la consommation induite par la GTC nous avons pu calculer le ratio de ces deux grandeurs et obtenir ce que nous nommons la surconsommation électrique. Nos résultats sont présentés en Tableau 8.

Cas	2 réf	2 a	2 b	3 réf	3 a	3 b
Surconsommation dû à la GTC	0.00%	0.13%	0.35%	0.32%	0.44%	0.82%

Tableau 8 : Surconsommation électrique selon l'architecture de GTC

D'ans une optique seule de réduction des consommations énergétiques, si la GTC ne permet pas des économies d'énergie supérieures à ses consommations en fonctionnement alors elle est à proscrire.

² Nous avons utilisé la valeur de consommation moyenne de 9.4 kWh/m²/an, valeur issue de notre base de donnée interne.

On remarque que la consommation de la GTC en phase usage est presque négligeable devant celle du poste éclairage.

Les surconsommations sont très faibles, toutefois, il convient de rappeler ici que nous étudions des solutions LED et LED équipés de drivers, dont les consommations sont nettement inférieures à celles de ballasts ferromagnétiques utilisés pour certaines lampes. De même, nous n'avons pu obtenir des constructeurs des données concernant la consommation des ballasts de type DALI, dont l'alimentation n'est peut-être pas négligeable.

Pour pousser plus loin cette étude il serait intéressant de compter l'énergie consommée par l'ensemble du cycle de vie de la GTC (extraction des ressources, production, usage, fin de vie, etc.).

3.2.2 | Economies d'énergies mesurées

Une série de campagne de mesure menée par le bureau d'étude Enertech a montré que la solution de gradation par zone sur des salles de classes, tel que le permettent les solutions 3a et 3b, pouvait conduire à une réduction d'environ 10% de la consommation d'électricité liée à l'éclairage de ces mêmes classes. Nous n'avons pas de données sur les économies que l'on peut attendre pour d'autres typologies de pièces ni pour les autres solutions de GTC ne pilotant pas uniquement la gradation.

Nous proposons dans la partie suivante un indicateur permettant de palier à ce manque d'informations.

3.2.3 | Temps de retour Carbone

A partir des économies d'énergie engendrées, il est possible de créer un indicateur afin de juger de la pertinence globale d'un point de vue carbone : le temps de retour carbone.

Nous le définissons comme le temps pour que les économies de carbone (liées à la baisse de consommation énergétique due à l'optimisation de la régulation via la GTC) compensent l'impact carbone de l'ensemble du cycle de vie des composants du système de régulation. Ce temps de retour carbone peut dans notre cas s'écrire ainsi :

$$t_{retour} = \frac{C_{ACV}}{C_{economisé\ par\ an}}$$

Où t_{retour} est le temps de retour carbone en année ; C_{ACV} , l'impact carbone de l'architecture de GTC sur l'ensemble de son cycle de vie (les consommations énergétiques en phase usage sont prises en compte dans cet impact) et $C_{economisé\ par\ an}$, la quantité de carbone économisée par an.

Cette dernière variable est le produit des trois facteurs suivants : Q_{elec} , la quantité d'énergie électrique consommée sans la GTC ; P le poids Carbone moyen de l'électricité en France ; et ε le taux de réduction de consommation électrique induit par l'optimisation de la régulation via la GTC. Soit,

$$t_{retour} = \frac{C_{ACV}}{Q_{elec} \cdot P \cdot \varepsilon}$$

3.2.4 | Performance énergétique minimale

En considérant un temps de retour carbone maximal acceptable nous pouvons établir une performance énergétique minimale en dessous duquel la solution est à proscrire.

D'après les fiches FDES, la durée de vie de la plupart des composants des GTC étudiées est de 10 années, c'est pourquoi nous considérons comme limite un temps de retour carbone de 10 ans. Au-delà de ce temps de retour la solution émet plus de carbone que ce qu'elle ne permet d'économiser.

La performance énergétique à atteindre pour garantir en temps de retour inférieur à 10 ans est présentés dans le Tableau 9.

Cas	2 réf	2 a	2 b	3 réf	3 a	3 b
Performance énergétique minimale pour que $t_{retour} < 10$ ans	-1%	-2%	-5%	-9%	-13%	-18%

Tableau 9 : Performance énergétique minimale pour avoir un temps de retour carbone inférieur à 10 ans

Ainsi pour chacune des solutions proposées nous avons établi un seuil de performances en dessous duquel la solution est à proscrire. Par exemple, pour la solution de GTC 3a (commande avec variation via GTC), on obtient une réduction du bilan carbone global du groupe scolaire si la solution permet une économie d'au moins 13% sur les consommations électriques liée à l'éclairage de ce groupe scolaire.

3.2.5 | Pertinence environnementale des cas étudiés

Nous avons montré que pour une gestion centralisée de l'éclairage le facteur limitant n'est pas la consommation électrique en phase usage mais l'impact carbone sur l'ensemble du cycle de vie.

Gradation : Cette étude permet de contrebalancer l'intérêt d'une solution de gradation pilotée par un automate. Au vu de nos incertitudes nous ne pouvons pas trancher sur la pertinence des cas 3a et 3réf (gradation locale ou gradation via GTC sur 64 groupes de luminaires). Le cas 3b (gradation via GTC pour 128 groupes de luminaire), est en revanche à proscrire.

Gardons à l'esprit que la gradation n'est économe que dans les pièces ayant accès à la lumière du jour, et qu'il est pertinent de piloter les luminaires par groupe en fonction de leur distance à la source de lumière naturelle.

Gestion horaire : Le cas 2b permet de piloter l'autorisation de marche pour 64 groupes de luminaires, et les cas 2a et 2réf pour 3 groupes. Il est évident que le cas 2b permet une optimisation plus fine que les cas 2a et 2réf. Néanmoins ce premier s'accompagne d'un impact carbone multiplié par 5 environ. On note par contre ici que l'usage d'une GTC par rapport à une horloge en tableau n'apporte pas de possibilités supplémentaires de programmation. Mais facilite la modification centralisée des plannings.

Le Tableau 10 suivant synthétise l'ensemble des résultats obtenus :

Fonction	Mise en œuvre	cas	Estimation économie d'énergie	Performance énergétique minimale pour assurer $t_{retour} < 10$ ans	Sur-consommation électrique
S'assurer que l'éclairage est coupé hors occupation / ouverture des locaux	Horloge (peu flexible) – sans GTC	2 réf	?	-1%	+0%
	autorisation de marche - Avec GTC	2a	?	-2%	+0.13%
		2b	?	-5%	+0.35%
Eclairage en fonction de la luminosité	Gradation sans GTC	3 réf	-10%	-9%	+0.32%
	Gradation avec GTC	3a	-10 %	-13%	+0.44%
		3b	-10 %	-18%	+0.82%

Tableau 10 : Synthèse des résultats obtenus

En pratique pour qu'une solution de GTC soit pertinente d'un point de vue carbone, les longueurs de câble CFA, le nombre de gradateurs, de contacteurs et de détecteurs de luminosité doivent être optimisés

tout en permettant une réduction des consommations énergétiques. Un équilibre est à trouver : assurer la fonctionnalité tout en limitant le nombre de points de commande GTC. Ainsi nous pouvons garder en tête qu'il convient d'éviter de prévoir une commande par automates si la commande en local rend un service équivalent.

4 | Conclusions et perspectives

Cette étude nous aura permis de comparer l'intérêt environnemental sur l'ensemble de leur cycle de vie de différentes solutions de gestion centralisé de l'éclairage pour un groupe scolaire. Le principe et la méthodologie de l'étude menée sont transposables à d'autres typologie de bâtiment, ainsi qu'à des GTC pilotant d'autres lots, comme le chauffage, la ventilation, etc.

Pour approfondir l'étude, les données suivantes mériteraient d'être consolidées :

- Tout d'abord les FDES utilisés sont des données générales, ne correspondant pas toujours exactement au matériel qui est ou qui serait utilisé. Ainsi ni les efforts des constructeurs pour optimiser l'impact carbone ou la consommation énergétique de leurs produits, ni l'existence de certains produits particulièrement impactant, ne sont pris en compte.
- En outre, la performance énergétique que l'on peut attendre en fonction du type régulation et en particulier le gain en cas d'automatisation via une GTC demanderait à être évaluée plus précisément à partir de campagnes de mesure ou de simulations numériques afin de conclure sur la pertinence des solutions étudiés
- Enfin il convient de rappeler que la présence d'un automatisme ne garantit pas son bon usage : pour être utile, l'utilisation qui en est faite (consigne, plage de fonctionnement) est déterminante. La performance énergétique est corrélée aux comportements humains.

Malgré cela ***nous avons pu définir un niveau de performance minimal***, au-delà duquel les solutions de GTC considérés impliquaient une réduction d'émission de carbone sur l'ensemble de leur cycle de vie, et inversement un niveau en dessous duquel la solution était à proscrire. ***De plus nous avons montré que l'impact carbone de la GTC n'est pas négligeable devant les économies de carbone qu'elle permet.***

Un point de vigilance dans la conception et la mise en œuvre de GTC est que pousser loin le niveau d'automatisme, par-là, le taux d'équipement du bâtiment et son impact carbone, ne vaut pas toujours le coup en termes d'économie énergétique, ni de facilité d'utilisation.

En ce sens, nous émettons des réserves sur l'installation de système DALI généralisé sur l'ensemble de l'éclairage des bâtiments. Le Shift Project, dans une étude analogue à la nôtre, arrive sensiblement aux mêmes conclusions : « L'éclairage connecté tel qu'il est utilisé et tel qu'il existe aujourd'hui sur le marché ne semble pas permettre des gains énergétiques évidents ou automatiques sur la durée de vie du système dans la sphère résidentielle » [1]

Nous devons être d'autant plus vigilant à cela au moment où l'on nous parle des objets connectés.

Plus généralement des solutions pensées afin d'optimiser les consommations énergétiques peuvent se montrer contre-productive sur l'ensemble de leur cycle de vie. A l'heure du dérèglement climatique, il convient donc de penser la conception en fonction de l'ensemble des impacts environnementaux qu'elle implique. La solution des « low-tech » semblent être un bon compromis entre un cycle de vie vertueux et une réduction réelle des consommations du bâtiment.