

RAPPORT

Département
DIMER

Groupe
Sécurité routière

27/08/2012

Test du dispositif EcoGyzer

Emmanuel Kemel - DIMER / Groupe Sécurité Routière



Centre d'Études Techniques de l'Équipement
de l'Ouest

www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	27/08/2012	Note de travail
2	17/09/2012	Version intégrant les demandes de compléments de Guillaume Saint Pierre.

Affaire suivie par

Emmanuel Kemel - DIMER / Groupe Sécurité Routière
<i>Tél. : X02 40 12 850 17</i>
<i>Courriel : emmanuel ,kemel@developpement-durable.gouv.fr</i>

Rédacteur

Emmanuel Kemel - DIMER / Groupe Sécurité Routière

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. ANALYSE DE LA NOTE « ÉCO-CONDUITE » PRODUITE PAR L'ECOGYZER.....	5
2.1 CONTEXTE ET OBJECTIF.....	5
2.2 MÉTHODE.....	5
2.3 RÉSULTATS.....	6
3. TEST DES VALEURS PRODUITES PAR L'ECOGYZER.....	8
3.1 CONTEXTE ET OBJECTIF.....	8
3.2 MÉTHODE	8
3.3 ESTIMATION DES CONSOMMATIONS KILOMÉTRIQUES.....	9
3.4 ÉVALUATION DU STYLE DE CONDUITE.....	11
4. CONCLUSION.....	12
REMERCIEMENTS.....	12

1. Introduction

Dans un contexte de prise de conscience des enjeux écologiques liés à la consommation d'énergie fossiles, et d'augmentation des prix des carburants, une attention croissante est prêté à l'éco-conduite. Que ce soit à l'attention de particuliers, d'administrations ou d'entreprises, de plus en plus de stages de formation à l'éco-conduite sont ainsi proposés.

L'Ecogyzer, développé et commercialisé par la société Nomadic Solutions, a vocation à proposer un outil de sensibilisation et d'accompagnement dans le processus de formation à l'éco-conduite. L'objectif de cet appareil est de fournir au conducteur un retour sur les caractéristiques de sa conduite. A cette fin, l'Ecogyzer enregistre les données cinématiques du véhicule, lors d'un déplacement considéré, et infère plusieurs indicateurs propres au style de conduite, dont la consommation kilométrique de véhicule et une note globale sur 10, mesurant la qualité de l'éco-conduite.

Alors que la plupart des dispositifs embarqués permettant de telles mesures nécessitent un contact moteur et présentent un coût d'achat et d'installation notable, l'Ecogyzer se compose d'un simple boîtier placé sur le tableau de bord. C'est la raison pour laquelle ce dispositif a été utilisé pour une étude l'étude de terrain proposée par le CETE de l'Ouest dans le cadre de l'opération SERRE action 5. L'étude consiste à mesurer les comportements de conduite d'un panel d'agents du CETE ayant reçu un stage de formation à l'éco-conduite.

Dans mesure où l'étude porte sur un grand nombre de déplacements, et que la flotte du CETE de l'Ouest n'est pas attirée, la flexibilité offerte par l'Ecogyzer était d'une aide précieuse pour la mise en œuvre de l'étude.

Cependant, aucune étude de fiabilité n'a été réalisée sur les mesures produites par cet appareil. Ces données ne sont pas mesurées à proprement parler, mais inférées par un algorithme à partir des données cinématique recueillies par l'accéléromètre du boîtier.

De plus, la note indiquée par l'appareil et ayant vocation à évaluer la qualité de la conduite vis-à-vis des critères de l'éco-conduite n'est pas transparente. Les critères entrant en compte dans sa construction et leur pondération n'est pas indiquée par les développeurs du produit.

L'objectif de cette note est donc :

1. D'analyser suivant une approche économétrique la façon dont est construite la note « éco-conduite » produite par l'Ecogyzer
2. De réaliser une expérience permettant de tester la fiabilité des mesures de consommation kilométriques inférées par l'Ecogyzer.

Ces deux analyses font l'objet des deux parties suivantes. Pour chacune, l'introduction des enjeux est suivie d'une description de la méthode et de la présentation des résultats.

2. Analyse de la note « éco-conduite » produite par l'Ecogyzer

2.1 Contexte et objectif

Le logiciel de traitement des données recueillies par l'Ecogyzer attribue aux déplacements une note globale de mesure de l'éco conduite.

D'après les concepteurs, plus la note est élevée, plus la conduite répond aux critères de l'éco-conduite.

Cependant, la société Nomadic Solutions, à l'origine de la conception de l'appareil et du logiciel d'exploitation n'a pas accepté de communiquer la façon dont est conçue la note.

Au-delà de la note, le logiciel produit, pour chaque trajet enregistré un ensemble de données liées au style de conduite :

- la vitesse moyenne
- temps de freinages brusques réalisés à une vitesse inférieure ou supérieure à 30 km/h (en % du temps total du trajet)
- le temps de freinage « doux » (en % du temps total du trajet)
- le temps de conduite sans consommation (en % du temps total du trajet)
- une estimation de la consommation kilométrique moyenne sur le trajet
- l'inférence du type de route pratiquée (urbain, inter-urbain, autoroute), en % de trajet total.

L'objectif de cette analyse est d'identifier la façon dont a été construite la note, à l'aide d'outils statistiques. Plus précisément, nous cherchons à mesurer le poids de chacune des variables ci-dessus dans la construction de la note.

2.2 Méthode

L'analyse porte sur 41 déplacements effectuées de façon « naturelle » par deux agents du CETE ayant utilisé l'Ecogyzer sur le véhicule de fonction pendant une semaine.

Afin d'expliquer l'impact des différentes variables décrivant le style de conduite sur la note, une régression linéaire est réalisée, avec la note (observée sur chacun des déplacements) comme variable expliquée, et les autres variables comme explicatives.

La note étant une variable bornée entre 0 et 10, l'utilisation d'un modèle linéaire n'est pas adéquate pour l'expliquer. Une transformation logistique est donc appliquée à la variable.

La régression linéaire ne portera donc pas sur les observations n_i de la note elle-même, mais sur sa transformée \ln_i suivant la formule suivante :

$$\ln_i = \log(n_i / (10 - n_i))$$

2.3 Résultats

Le tableau ci-dessous met présente les résultats de l'estimation

Variable	Estimation	Erreur standard	Probabilité associée au test de nullité
constante	-2.596	0.65***	<0.001
Conducteur 2 (conducteur 1 en référence)	-1.403	0.32***	<0.001
Route inter-urbain (urbain en référence)	2.312	0.81**	0.007
Autoroute (urbain en référence)	2.818	1.36*	0.047
vitesse	-0.017	0.01	0.368
% conduite sans consommation	0.243	0.06***	<0.001
% freinage brusque à v<30km/h	0.436	0.40	0.287
% freinage brusque à v>30 km/h	-0.686	0.34*	0.058
% freinage doux	0.009	0.02	0.717
Significativité : * 0,05 ** 0,01 ***0,001			
Nombre de degrés de liberté : 31 R ² = 0,55			

Tableau 1 : Résultats de l'estimation linéaire sur la transformation logistique de la note de conduite

Concernant les données cinématiques, les deux variables significatives sont : la part du trajet réalisée sans consommation, qui a un effet positif sur la note, et le pourcentage de temps passé en freinage brusque à vitesse supérieure à 30km/h, qui impacte la note de façon significative.

Une régression sur la note non transformée met en évidence les mêmes facteurs significatifs. Lorsqu'une régression linéaire est appliquée à a variable « note » non transformée et en imposant une constante nulle, on remarque que la variable associée à la durée du trajet sans consommation explique 77% de la variance de la note. Ce pourcentage n'augmente que d'un point lorsque la variable « % de freinage brusque à plus de 30 km/h » est ajoutée.

Il semble donc que le principal facteur entrant dans la construction de la note soit le pourcentage de temps de conduite réalisé sans consommation.

On remarque en revanche d'après le tableau que d'autres facteurs impactent la note : le type de conducteur¹ et le type de route pratiquées. Sur ces données, la variable « conducteur » se confond avec la variable véhicule, puisque chaque conducteur avait son propre véhicule.

Le logiciel est sensé prendre en compte les caractéristiques techniques du véhicule utilisé pour le trajet dans ses calculs. La note devrait donc mesurer le style de conduite, indépendamment du véhicule utilisé. Ce qui ne semble pas être le cas. De même, on remarque que la variable « type de route » impacte sensiblement la note. Le sens de la variable est intuitif : la conduite est plus vertueuse en inter urbain et autoroute qu'en urbain. Cependant, dans une logique de comparaison des styles de conduite, la note produite devrait produire une valeur indépendante du type de route utilisée.

Puisque notre étude comparative des comportements de conduite porte sur un panel de plusieurs véhicules, avec des déplacements réalisés sur une large diversité d'itinéraires, la note produite par l'Ecogyzer semble mal adaptée.

Nous lui préférons donc, de façon plus classique, la consommation kilométrique moyenne, comme indicateur d'éco-conduite.

1 Lorsque le modèle est estimé en l'absence de variable indicatrice « conducteur » permettant d'identifier différentes intersections à l'origine pour les deux conducteurs, la significativité des facteurs n'est pas modifiée.

3. Test des valeurs produites par l'Ecogyzer

3.1 Contexte et objectif

L'Ecogyzer constitue un outil économique et pratique pour la mesure des caractéristiques de conduire. Cela s'explique essentiellement par le fait que, contrairement à d'autres appareils, ce dernier ne nécessite pas de contact sur le moteur du véhicule. A ce titre, il peut être facilement installé ou déplacé d'un véhicule à l'autre. C'est la raison pour laquelle cet appareil a été choisi l'évaluation de l'impact de formations éco-conduite sur les comportements de conduite des agents du CETE de l'Ouest.

L'ensemble des valeurs produites par l'Ecogyzers ne sont donc pas directement mesurées, mais inférées, à partir des données cinématiques. A notre connaissance, aucune étude n'a évalué la fiabilité de ces mesures, à l'exception des constructeurs. Cependant, ceux-ci n'indiquent pas la marge d'erreur propre au fonctionnement de l'appareil.

L'objectif de cette analyse est donc de procéder à la comparaison de mesures enregistrées sur plusieurs types de trajets, réalisées à l'aide de l'Ecogyzer, d'une part, et à l'aide d'un véhicule équipé, d'autre part.

Les mesures effectuées par le véhicule équipé seront ici considérées comme les données « réelles » auxquelles seront comparées celles du l'Ecogyzer.

Les mesures sur lesquelles reposent cette analyse ont été réalisées par le CETE Normandie Centre.

3.2 Méthode

L'analyse consiste à comparer les mesures de consommation kilométrique réalisées par l'Ecogyzer, d'une part, et un véhicule équipé, d'autre part.

Le véhicule de mesure était le DIRCO, une Clio II 1.4 DCI 85 cv exploitée par le CETE Normandie Centre.

La comparaison porte sur un trajet 22,6 km, composé de différents environnements urbains et utilisé pour les tests du CETE NC. Différents types de conduites étaient pratiquées : conduite « normale », conduite « brusque » et « éco-conduite ». On parlera de traitement pour désigner chacune de ces conditions de conduite. Pour chaque traitement, deux passages étaient réalisés. Enfin, chaque mesure était réalisée par deux appareils Ecogyzer.

Ainsi, une différence de mesure, pour un même trajet pourra s'interpréter comme une instabilité de la mesure fournie par l'Ecogyzer. La mesure moyenne observée sur les deux appareils, comparée à la mesure « objective » produite par le véhicule équipé, permettra d'apprécier la précision de l'algorithme utilisé pour inférer la consommation kilométrique des véhicules.

Le tableau ci-dessous présente le quarré latin utilisé décrivant le protocole de l'expérience.

		Type de conduite		
		eco	normale	brusque
Appareil	1	2 passages	2 passages	2 passages
	2	2 passages	2 passages	2 passages

Tableau 2 : Design de l'expérience de test de l'Ecogyzer

3.3 Estimation des consommations kilométriques

Le tableau ci-dessous présente les valeurs moyennes observées sur les deux passages

	Appareil de mesure		
	DIRCO	Ecogyzer 1	Ecogyzer 2
eco	2,80	2.140	2.165
normale	3,85	2.885	2.915
brusque	5,55	3.165	3.170

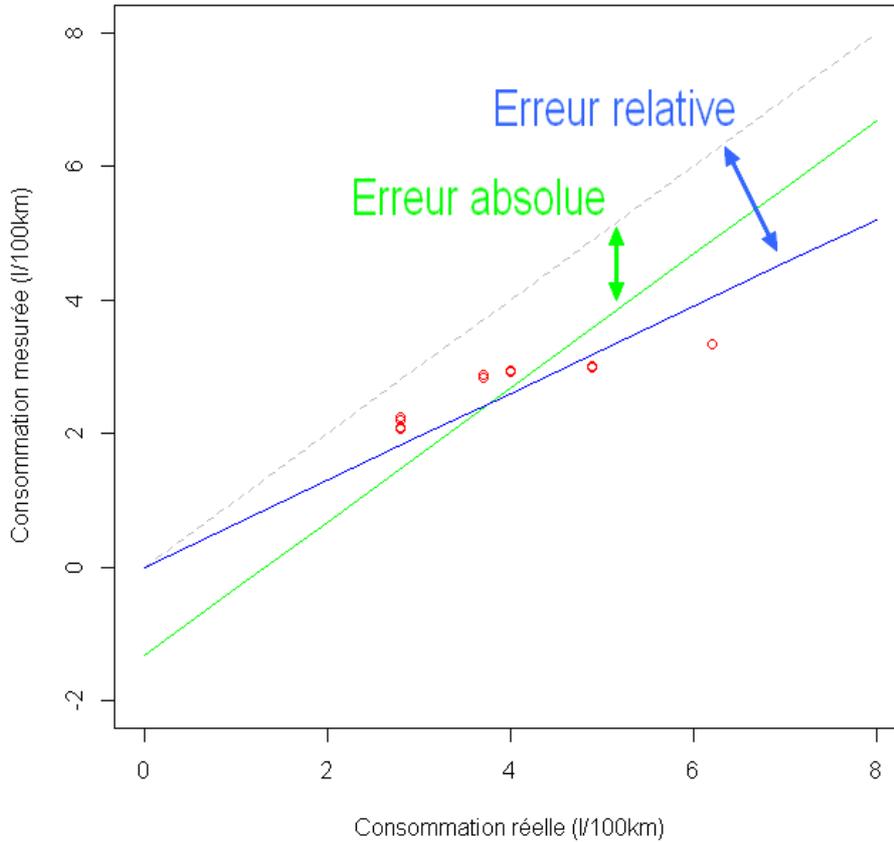
Tableau 3 : Résultats de l'expérience test de l'Ecogyzer

On remarque qu'en moyenne, les deux appareils Ecogyzers produisent des valeurs similaires. Un t-test comparant les valeurs moyennes mesurées sur les 12 observations par les deux appareils, ne met pas en évidence de différence significative ($p=0,9$).

Lorsque les valeurs produites par les deux appareils sont comparées à celles mesurées par le DIRCO, le constat est plus mitigé.

On remarque en effet que l'Ecogyzer tend à sous estimer la consommation kilométrique réelle. En moyenne sur l'ensemble de des données l'écart absolu entre valeurs mesurées et valeurs réelles est de -1.32 et est significativement différent de 0 ($p<0,001$).

Les données mettent donc en évidence un biais à la sous estimation des consommations kilométriques. Plus précisément, l'erreur absolue semble être d'autant plus importante que la mesure réelle est grande.



Une régression linéaire est menée pour estimer le rapport entre la mesure produite par l'Ecogyzer et la mesure réelle. La pente de la relation linéaire est estimée à 0,64 et est significativement inférieure à 1.

L'erreur relative de mesure de l'Ecogyzer est donc estimée à environ 35%.

D'après le tableau 3, les deux appareils parviennent cependant à capturer la différence de style de conduite. Les consommations kilométriques inférées évoluent en effet de façon monotone avec la « brutalité » de la conduite. Une ANOVA réalisée sur les données produites par les deux appareils montre un impact significatif du type de conduite sur les consommations kilométriques estimées ($p < 0,001$).

Cette analyse montre que l'Ecogyzer offre une mesure biaisée des consommations kilométriques. Il reste cependant un outil pertinent pour mesurer des différences dans le style de conduite.

3.4 Évaluation du style de conduite

Comme indiqué dans la première partie du rapport, l'Ecogyzer attribue aux trajets une note de mesure du style de conduite suivant les critères de l'éco-conduite. Le tableau 4 présente les notes calculées pour les différents trajets testés.

	Appareil de mesure	
	Ecogyzer 1	Ecogyzer 2
Brusque	5,55	5,55
Normale	6,15	6,0
Éco	7,1	7,0

Tableau 4 : notes éco-conduites moyennes par type de conduite et par appareil de mesure

On remarque que les différences entre les appareils sont faibles. Un t-test apparié montre que ces différences sont également non significatives ($p=0,1$).

En revanche, la note permet de détecter la différence de style de conduite. On remarque en effet que les notes évoluent de façon monotone avec la qualité de la conduite. Une ANOVA réalisée sur les notes avec comme facteur, le type de conduite, montre que la note évolue de façon significative avec le style de conduite ($p<0,001$).

Dans le cadre de cette expérience, l'Ecogyzer a été en mesure de détecter les différents styles de conduite, au travers de sa note éco-conduite, comme il l'a fait au travers de la consommation kilométrique moyenne. Cependant, l'échelle et la sensibilité de la note demeurent inconnues (eg. Est-il possible d'avoir 10/10, quel niveau de note correspond à un niveau satisfaisant d'écoconduite?). Dans la logique de mesure d'évolutions des comportements de conduite, il est donc préférable de se référer à une échelle peut être moins synthétique mais plus classique, telle que la consommation kilométrique moyenne.

4. Conclusion

Cette note avait pour objectif d'explorer la fiabilité des plusieurs variables d'analyse de la conduite produite par le dispositif Ecogyzer.

L'analyse de la construction de la « note éco-conduite » montre que cette note repose essentiellement sur le temps de parcours réalisé sans consommation. A la prise en compte de ce facteur s'ajoute le temps passé en freinage brusques, qui impacte négativement la note. Cependant, on remarque que la note dépend significativement du type de route considéré, et vraisemblablement du type de véhicule utilisé. Ces variables sont cependant exogènes au style de conduite et ne devraient pas entrer en compte dans le calcul. Dans le cadre l'étude d'évaluation de l'impact des formations éco-conduite sur les comportements de conduite, notre objectif est de comparer les styles de conduite indépendamment du type de route pratiquées, ou du type de véhicule utilisé.

Quitte à devoir prendre en compte le type de route et de véhicule utilisé, dans les comparaisons avant/ après prévues par l'étude, il semble plus intéressant d'utiliser comme indicateur du style de conduite, une variable plus connue telle que la consommation kilométrique moyenne. L'étude de fiabilité de la construction de cette variable a montré que l'Ecogyzer souffre d'un biais notable dans cette mesure. La mesure produite est malgré tout assez sensible pour pouvoir distinguer plusieurs styles de conduite. Dans une logique de comparaison avant/ après, approche retenue pour notre étude de terrain, le biais de mesure ne devrait pas être trop handicapant. En effet, la différence de consommation escomptée est relativement faible on pourra considérer que le biais de mesure est constant en valeur absolue sur les deux périodes et se compense lors de la comparaison avant/après.

Remerciements

L'auteur remercie Alexandre Hublart et Cyrille Le Lez du CETE Normandie Centre pour leurs conseils dans la conception de l'expérience test de l'Ecogyzer et pour la collecte des données.

Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest
MAN – 9 rue René Viviani
BP 46223
44262 NANTES cedex 2
Tél. : 02 40 12 83 01
Fax : 02 40 12 84 44
CETE-Ouest@developpement-durable.gouv.fr

www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr