

Rapport

Analyse d'Eco-conception de deux robots : KUKA 270 et IRSbot-2

RapportYRCCYN-003modif3

A l'attention de IRCYYN
Sébastien Briot

23-4-2015



- Rennes, Rochefort /mer -
Contact : Pierre Binder, consultant
Tel : +33 (0)6 52 35 27 88

Objectifs.....	3
Méthodologie.....	3
Profil mondial.....	4
Etude de 2 robots.....	5
BASE – hypothèses utilisées.....	5
BASE - résultats.....	9
VARIANTES – hypothèses utilisées.....	13
VARIANTES – résultats.....	17
Conclusion.....	25
Annexes.....	27

1a- Objectifs

Thème de l'étude

Etudier et participer à l'éco-conception (impact environnemental énergétique et climatique) de deux type des robots.

Définitions

Bilan Carbone : Impact climatique à 100 ans du aux émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) émis par une activité, produit ou service pour sa fabrication, son fonctionnement. L'unité commune est le kgCO₂e.

Energie grise. Nous la définirons comme il suit : Energie consommée par l'activité le produit ou le service pour sa fabrication et son fonctionnement. L'unité utilisée de l'impact associé est le kwh.

Le kwh prend en compte toutes les énergies nécessaires que ce soit fossile, fissile et énergies renouvelables. Toutefois la croissance du bois n'est pas prise en compte (Utilisation de matériaux bois).

Le Bilan Carbone et l'énergie grise sont quantifiées en ACV Analyse de Cycle de Vie, c'est-à-dire en prenant en compte toutes les phases de sa vie : façonnement des composants, leur transport, la fabrication du robot, l'utilisation sur x années, son transport et sa fin de vie.

Périmètre

IRSBOT-2 dit « robot rapide »

KUKA270 dit « robot lourd »

Objectifs

- Dresser un profil de l'impact environnemental (énergétique et climatique) du parc robotique mondial.
- Etudier l'impact environnemental (énergétique et climatique) de deux types de robots industriels. (BASE)
- Etudier l'impact environnemental (énergétique et climatique) de plusieurs variantes. (VAR 1 VAR2)
- Conclure sur le potentiel de réduction de l'impact des deux robots.

1b- CV du consultant

Pierre BINDER - consultant

Diplômé de l'IUT biotechnologies. Université La Rochelle

Diplômé de l'EME. Campus de Ker Lann. Rennes

Ex- industrial environnement project manager

Consultant énergie et CO₂ : process et bâti

Ecoconception en ACV

1c- Méthodologie et outils utilisés

Méthodologie : Analyse de cycle de vie (ACV) sur deux critères : kgCO₂e et kwh

Bdd : Ecoinvent 2.1. MJfossil → 0.278 kwh
Bilan Carbone V7.1
Beaobook

2- Profil mondial

Objectif : Déterminer pour le parc mondial de robots,

- Quelle a été l'émission totale de GES ou Bilan Carbone en kgCO₂e engendrée pour sa fabrication ?
- Quelle est la consommation énergétique annuelle du parc ?

Résultats :

Parc mondial a émis pour sa fabrication (kgCO ₂ e)	11 104 276 475
--> L'équivalent Emission en km de camion	11 Milliards
Parc mondial consomme /an énergétiquement pour son fonctionnement (kwh)	6 704 633 600
--> L'équivalent réacteurs nucléaires	1
--> L'équivalent ville New York	1/50ème

Fabrication – CO₂

Fonctionnement - kwh



11 milliards km



1 réacteur nucléaire



1/50 New York

Hypothèses utilisées:




- Parc existant 1 373 000 unités (Voir Annexe)
- Robot moyen : type KUKA 270, cycle typique identique à étude sur KUKA. Heures fonctionnement 5600h/an.
- Contenu carbone électricité: mix mondial BCV7
- Equivalent New York : consommation énergétique résidentielle de la ville (Donc sans autre usages type transport, etc...)

NB : L'Énergie grise, pour le calcul du parc mondial, est seulement sur la phase fonctionnement des robots soit donc de l'électricité.

3- Etude de 2 robots industriels

3a- Version BASE

3a1- Produits modélisés et hypothèses utilisées

	Robot rapide	Robot lourde charge
Cycle de vie	Complet. Berceau à la tombe "cradle to grave"	Complet. Berceau à la tombe "cradle to grave"
Unité fonctionnelle (type et fonction du produit)	Robot rapide type IRSbot-2 (Prototype CNRS)	Robot lourde charge type KUKA N°
Flux de référence (Quantité de produit analysé)	Durée vie: 12 ans. Cyclicité 5600h par an. Changement de pièces d'usure est négligé. Conso cycle.....	Durée vie: 12 ans. Cyclicité 5600h par an. Changement de pièces d'usure est négligé. Conso cycle.....
Frontières du système	Robot sans armoire électrique, sans outil défini	Robot sans armoire électrique, sans outil défini
Critères recherchés	Bilan carbone (kgCO2e) et Energie grise (Kwh)	Bilan carbone (kgCO2e) et Energie grise (Kwh)
Photo		 

Note importante : consommation robot lourd avec prise en compte outil d'environ 100kg

Puissance installée (Par approximation: moteurs)	2 x 1kw (Sous 400V)	14 kw
Consommation sur un cycle	1kw x0,2s soit conso moyenne=1kw	P=872 w (P active, moyenne cycle, mesures fizians)
Lieu fabrication	Pays basque Espagnol Y/c matières= 1200km	Augsburg Y/c matières = 500km
Lieu destination	France	France

Mesures du 10/02/2015					
Appareillage	Analyseur Fluke 1730				
Méthode	Kuka seul: 1 phase extrapolée sur les 3 mais possible car phases assez équilibrées				
Résultats:	2 cycles de fonctionnement moyennés				
Baie seule (frein)	0.216 kw actif				
Baie + robot	0.872 kw actif				
Cos phi ou facteur de puissance fonctionnement (pour info)	0.4				
Cos phi ou facteur de puissance arrêt (pour info)	0.27	Ce qui rend impossible la mesure par un analyseur monophasé type MX655 Metrix			



3a2- Données brutes utilisées

Robot rapide

	Type matériau	Masse (kg)	Estimation ou donnée précise ?	Commentaire
composant a... châssis support du robot	Acier non allié 1,0503 à plus de 99%	480	Précis	Fonction de rigidité donc partie integrante
composant b... corps en alu	Alu 2018 à plus de 99%	57.096	Précis	
composant c... corps en acier	Acier non allié 1,0503 à 100%	13.901	Précis	
composant d..... liaisons	Roulements INA 7308BEP, 30202-A,	3.056	Précis	
composant e..... petits composants	visserie acier	3	approx	
composant f..... Moteurs ETEL TMB201-150	Acier inox 50% Cu 30% Aimant 10% Résine 5%	56	Précis	Poids total des 2 moteurs ETEL identiques - Puissance max estimée sur trajectoire test type : 2kW en pic - Puissance moyenne sur trajectoire test : 1kW - Puissance max totale moteurs 14kW - Les puissances sur trajectoires tests seront à valider expérimentalement. C'est une approx, liée à la simulation
composant g... Moteur MAXON DCX35L	Acier inox 50% Cu 30% Aimant 10% Résine 5%	0.38	Précis	Poids total - Puissance inférieure à 100W
composant h... freins	Acier Principalement	3	approx	
composant i... cables	1 m x3 cables	0.4	approx	
	Masse robot	616.833		

Ratio IRsbot

Ratio matière moteur approx	
Aimant	10.00%
Résine	5.00%
Cuivre	30.00%
Acier HSS ou inox	50.00%

D'après ETEL

Robot lourd

Module 1Robot en soi	Type matériau	Masse (kg)	Estimation ou donnée précise ?	Commentaire
composant a ...Squelette	Souche + base + bras 1 + bras 2 . Fonte	800.0	Est.	
composant b ...Base de l'effecteur	Partie 1+ Partie 2. Alu	80.0	Est.	
composant c ...Cablage alim moteurs	1/3 plast 2/3 cuivre	6.4	Est. calculée	
composant d ...Axes	Acier (Rlt à bille et rouleau)	31.7	Est. base robot	
composant e ...Caches	Plastique moyen	12.0	Est.	
composant f ...Syst. d'équilibrage	Acier (Ressort)	50.0	Est.	
composant g ...Moteurs (six)	Voir tableau. 6 moteurs	243.6	Moyenne	Alxion 190stm6m
composant h ...Planétaires	Acier	40.0		

Total

Théorique	1267.0
Atteint	1263.7
%	0.0

Ratio KUKA

Ratio matière	
moteur approx	
Alu	20.00%
Fer	40.00%
Cuivre	10.00%
Acier (acier +inox)	30.00%

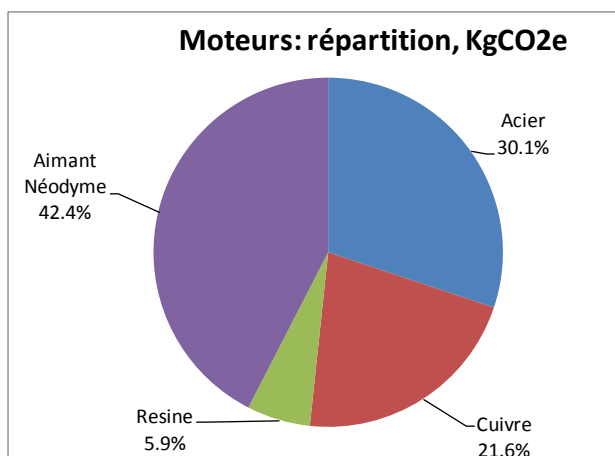
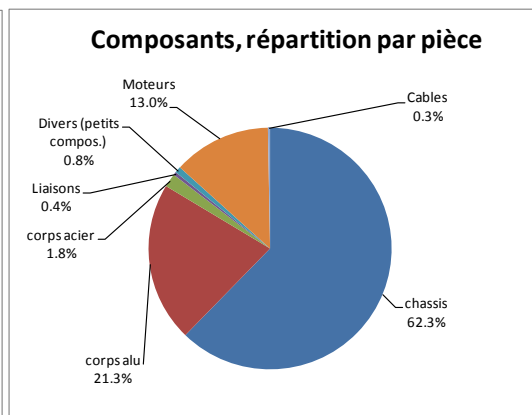
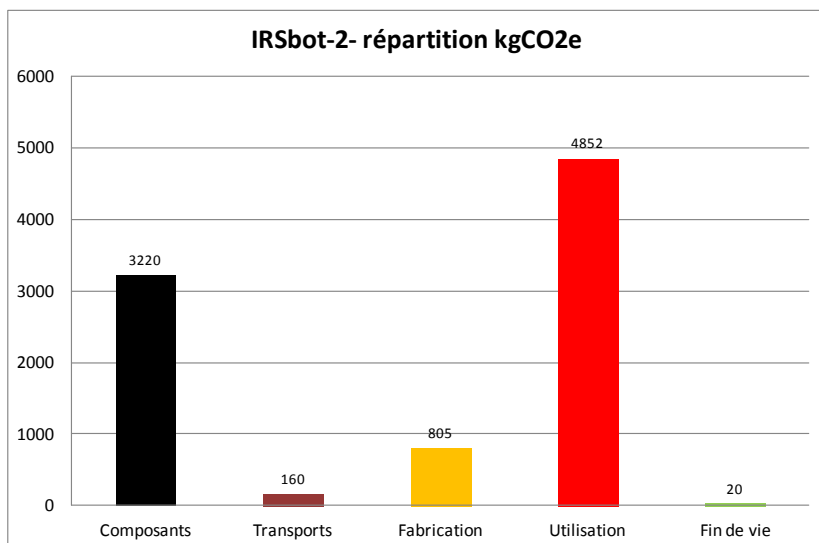
D'apres BC Salmson

3b1 - Résultats

Robot rapide

Bilan Carbone- KgCO₂e

Bilan Carbone (KgCO ₂ e)	9057
Equivalent km camion	9000



Exploitation des résultats :

Les différentes phases du cycle de vie du produit comprennent :

- Composants : façonnage ou fabrication des matières et composants de base.
- Transport : acheminement des matières premières et transport du produit fini
- Fabrication : fabrication ou assemblage du produit fini.
- Utilisation : phase où le produit est utilisé par le client (Consommation d'énergie de fonctionnement)
- Fin de vie : traitement final, recyclage, incinération ou enfouissement du produit.

La phase « utilisation » représente la moitié du Bilan Carbone du produit. Pour les autres phases c'est le façonnage des « composants » qui arrive en 2eme position loin devant « fabrication » et « transport ».

La généralité « La phase de vie est prépondérante pour le cycle de vie d'un produit qui consomme de l'énergie lors de son fonctionnement » est vérifiée ici. Néanmoins le poste composant est très important.

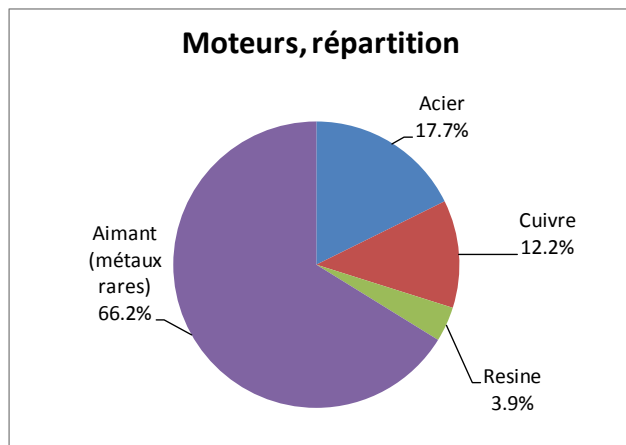
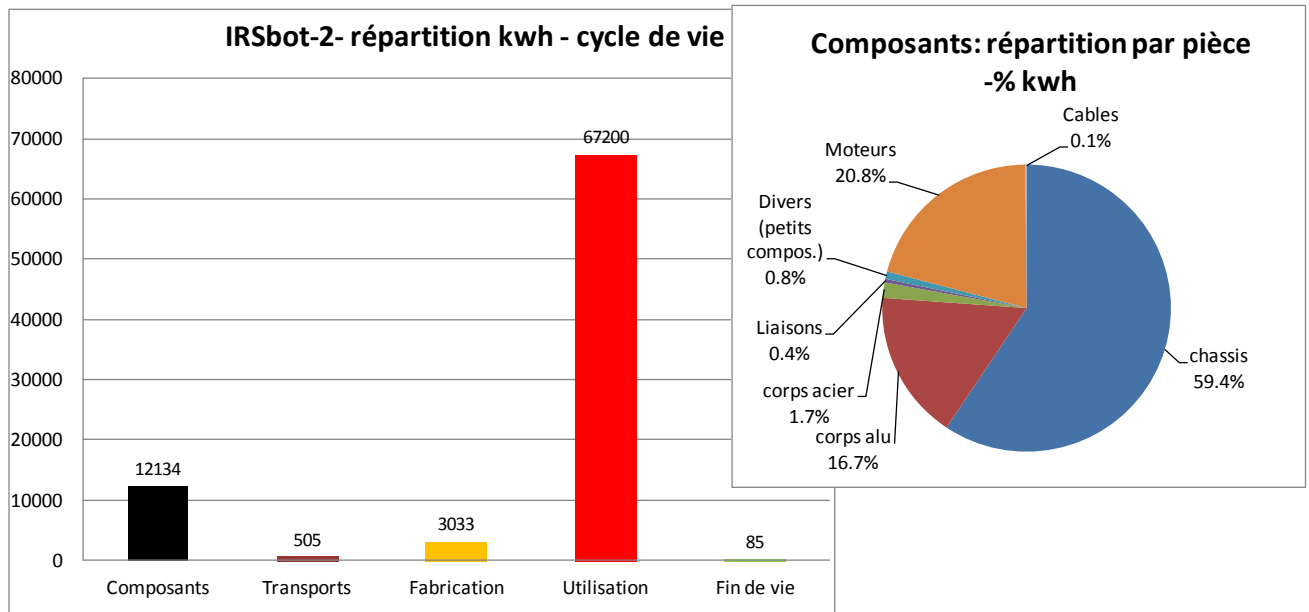
Pour les composants

- Le châssis arrive en tête, en effet il représente 78% de la masse du robot.
- l'aluminium émet proportionnellement 3 fois + de GES (Gaz à effet de Serre) que l'acier.

- Les moteurs, 13%, ont des émissions de GES engendrés à 42% par les aimants permanent en métaux rares.

Energie grise- kwh

Bilan énergie (kwh)	82957
---------------------	-------



Exploitation des résultats :

Voici le Bilan Energétique du produit en ACV. En kwh , le profil ne suit pas la même tendance qu'en CO2. La phase utilisation devient très prépondérante en kwh. L'explication vient du fait que la production électrique française est très peu émettrice de carbone au kwh.

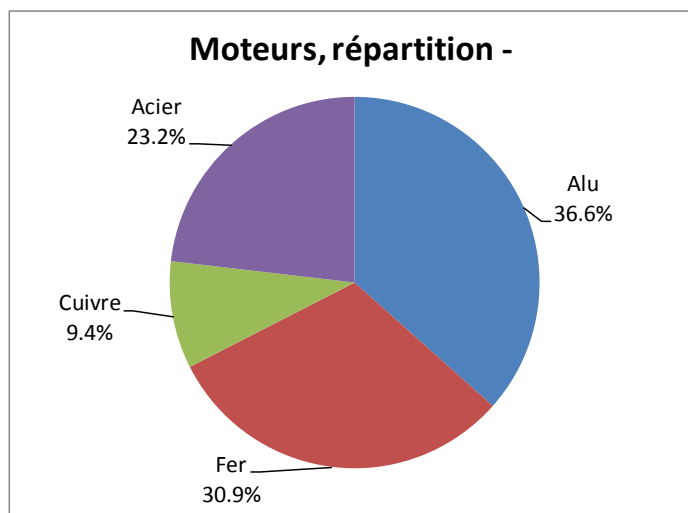
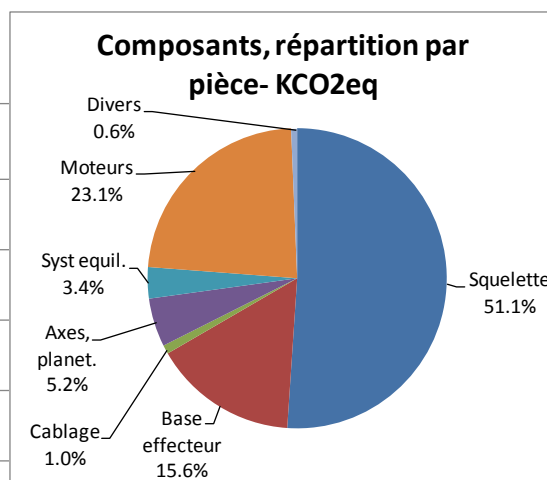
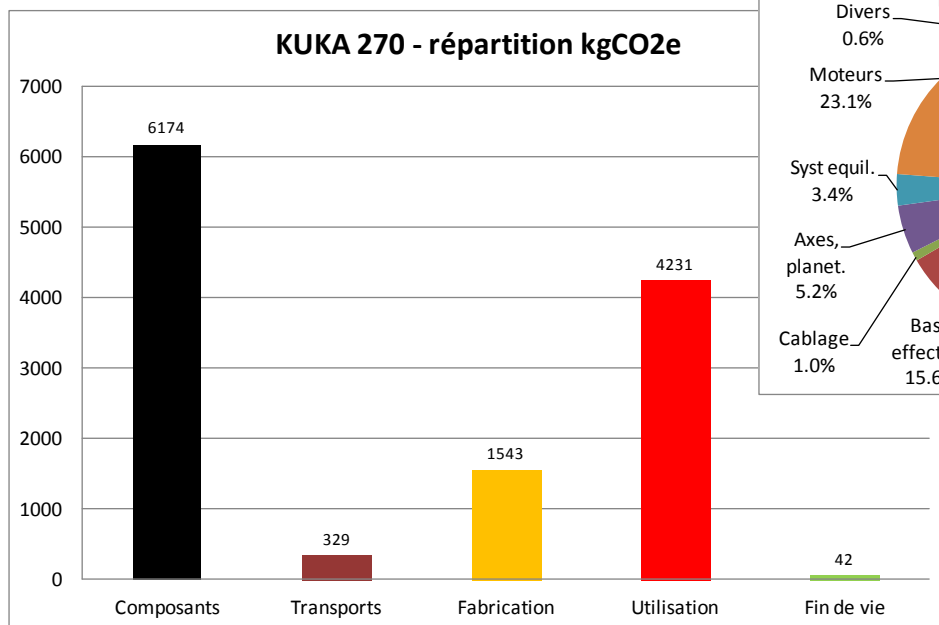
Sur cet impact, il y a un intérêt à agir de manière prioritaire sur la phase utilisation.

Pour information, les métaux rares représentent 66% de l'impact énergie grise de la fabrication des moteurs.

Robot lourd

Bilan Carbone- KgCO₂e

Bilan Carbone (KgCO ₂ e)	12318
Equivalent km camion	12000



Exploitation des résultats

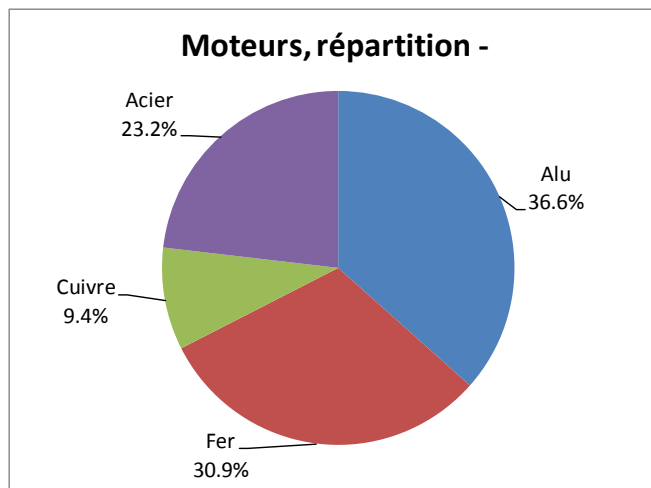
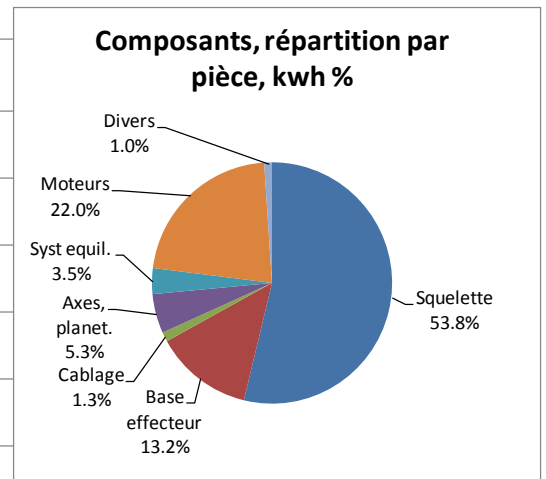
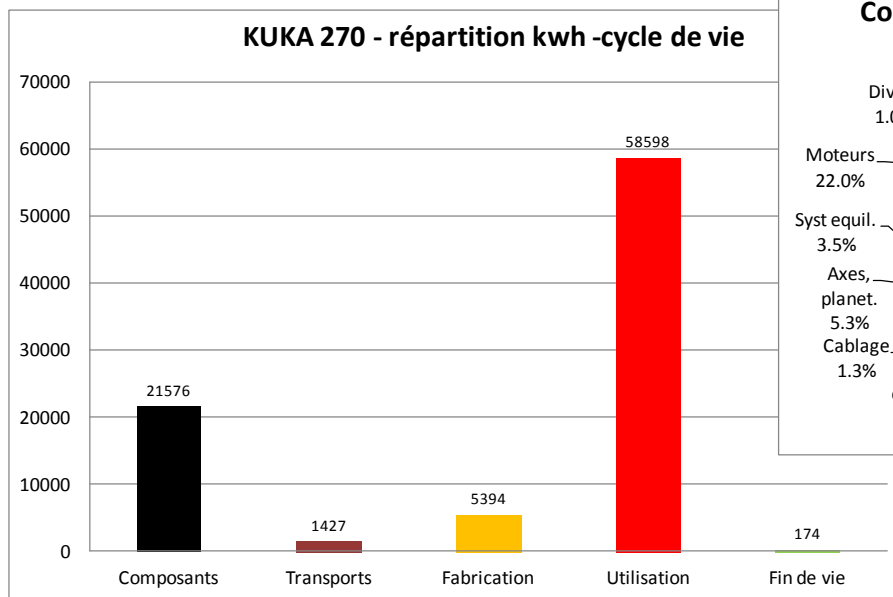
Pour le Kuka, la principale phase en Bilan Carbone, est la phase « composants ». Là aussi, la phase utilisation est réduite par le fait que l'électricité consommée en France est peu émettrice de carbone.

En terme d'impact carbone seul, il y a intérêt à agir en premier lieu sur les composants.

NB : en l'absence de données de Kuka. Le moteur est considéré comme probablement sans aimant permanent. Mais cela n'est pas une certitude qu'il faudrait idéalement affiner vu la criticité des métaux rares (Voir graphe moteur - Irsbot).

Energie grise- kwh

Bilan énergie (kwh)	87170
---------------------	-------



Exploitation des résultats :

En kwh, comme pour l'IRSbot, la phase « utilisation » est de loin le plus énergivore des postes. Cela représente 67% de l'énergie grise du robot sur son cycle de vie.

3b- VARIANTES

3b1- Produits modélisés et hypothèses utilisées

Pour réaliser une analyse de sensibilité, c'est-à-dire connaître l'impact de changements que l'ont peut opérer, plusieurs variante seront étudiées.

VAR1a	IRSBOT-2.	Matériau bois à Iso-masse + efficacité énergétique des groupes moto-propulseurs par système à résonance.
VAR1b	KUKA	Idem sans changement sur moteurs.
VAR2	KUKA	Idem à iso-volume + 50% efficacité énergétique moteurs par réduction masse squelette.
VAR3	KUKA	Lieu de destination ou consommation : Chine.

(Voir les détails des changements p. suivante)

VAR4	KUKA	30% efficacité énergétique baie de commande
------	------	---------------------------------------------

Variante d'étude VAR1	Robot rapide VAR1a	Robot lourde charge VAR1b
Divers	Système en raisonance Masse moteurs: réduite de 90% sauf 1petit Consommation : réduite de 90% Squellette: iso masse	Iso-masse
Consommation sur un cycle (w)	100	3800
Modification matériau	Type matériau: squelette et support et visserie hetre	Type de matériau: squelette et support et visserie bois (hêtre)

Variante d'étude VAR2	Robot rapide	Robot lourde charge VAR2
Divers		Iso-volume. (Densités: Acier 7,5 Alu 2,7 Hêtre 0,71) Consommation: réduite de 50% minimum par gain de poids Cablage: diamètre -50% Moteurs: masse -50% Equilibrage: -50%
Consommation sur un cycle (w)		1900

Variante d'étude VAR3	Robot rapide	Robot lourde charge VAR3
Localisation utilisation		Chine (Impact du contenu carbone du kwh)

Variante d'étude VAR4	Robot rapide	Robot lourde charge VAR4
Baie à haute efficacité énergétique		Baie actuelle 0.300 kw Baie nouvelle 0.210 kw Consommation baie. Gain en P(active)= -30%

3b2- Données brutes utilisées

VAR1a

VAR1b

Variante d'étude VAR1a RAPIDE		kg
composant a ... châssis support du robot	Hêtre	480
composant b ... corps en alu	Hêtre	57.096
composant c ... corps en acier	Hêtre	13.901
composant d ... liaisons	Roulements INA 7308BEP, 30202-A,	3.056
composant e ... petits composants	Hêtre	3
composant f ... Moteurs ETEL TMB201-150	Acier inox 50% Cu 30% Aimant 10% Résine 5%	5.6
composant g ... Moteur MAXON DCX35L	Acier inox 50% Cu 30% Aimant 10% Résine 5%	0.38
composant h ... freins	Acier Principalement	3
composant i ... cables	1 m x3 cables	0.2

Variante d'étude VAR1b LOURD		kg
composant a ... Squelette	Souche + base + bras 1 + bras 2 . Bois	800.0
composant b ... Base de l'effecteur	Partie 1+ Partie 2. Bois	80.0
composant c ... Cablage alim moteurs	1/3 plast 2/3 cuivre	6.4
composant d ... Axes	Acier (Rlt à bille et rouleau)	31.7
composant e ... Caches	Plastique moyen	12.0
composant f ... Syst. d'équilibrage	Acier (Ressort)	50.0
composant g ... Moteurs (six)	Voir tableau. 6 moteurs	243.6
composant h ... Planétaires	Acier	40.0

Variante d'étude VAR2 LOURD

composant a ...Squelette	Souche + base + bras 1 + bras 2 . Bois hêtre	75.7	Est.
composant b ...Base de l'effecteur	Partie 1+ Partie 2. Bois hêtre	7.6	Est.
composant c ...Cablage alim moteurs	1/3 plast 2/3 cuivre	3.2	Est. calculée
composant d ...Axes	Acier (Rit à bille et rouleau)	31.7	Est. base robot rapide
composant e ...Caches	Plastique moyen	12.0	Est.
composant f ...Syst. d'équilibrage	Acier (Ressort)	25.0	Est.
composant g ...Moteurs (six)	Voir tableau. 6 moteurs	121.8	Moyenne
composant h ...Planétaires	Acier	40.0	

Consommation sur un cycle (w)	1900
-------------------------------	------

Robot lourde charge VAR3

Chine (Impact du contenu carbone du kwh) (Impact du transport)

	keco2/kg
Camion transport, lorry 16-32t, EURO4	0.153
Bateau Transoceanic freight ship	0.011 keco2/t.km
Déchets acier et métaux BCV7	0.03
Electricité Chine BCV7	0.7880

	MJ fossil /kg
Camion transport, lorry 16-32t, EURO4	2.390
Bateau Transoceanic freight ship	0.153 MJfossil par t.km
Déchets acier et métaux BCV7	0.50
Electricité Chine	0.002912 MJfossil par wh

Gain énergétique en kw

Baie actuelle	Nouvelle baie	Gain %
0.300	0.210	-30.0%

NB: Puissance moyenne en kw actif déterminée avec freins autonomes du robot enclanchés

Robot + baie	Robot+baie nouvelle	Gain %
0.872	0.782	-10.3%

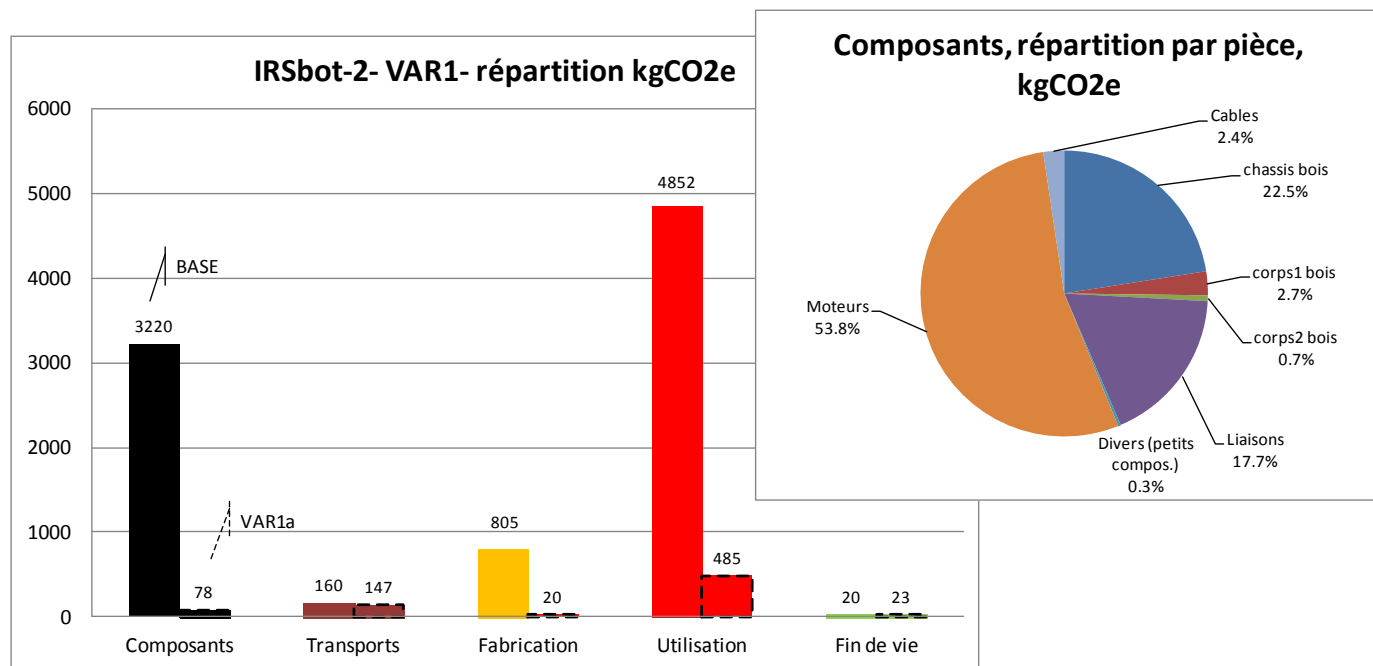
3b3 - Résultats

VAR1a

Robot rapide : bois, iso-masse sauf réduction 90% masse moteur , 90% réduction de consommation

Bilan Carbone – kgCO2e

	BASE	VAR1a	Réduction
Bilan Carbone (KgCO2e)	9057	753	91.7%
Equivalent km camion	9000	750	91.7%



Exploitation des résultats :

On réduit sur quasiment tous les postes. La réduction totale du Bilan Carbone est très forte soit 92%.

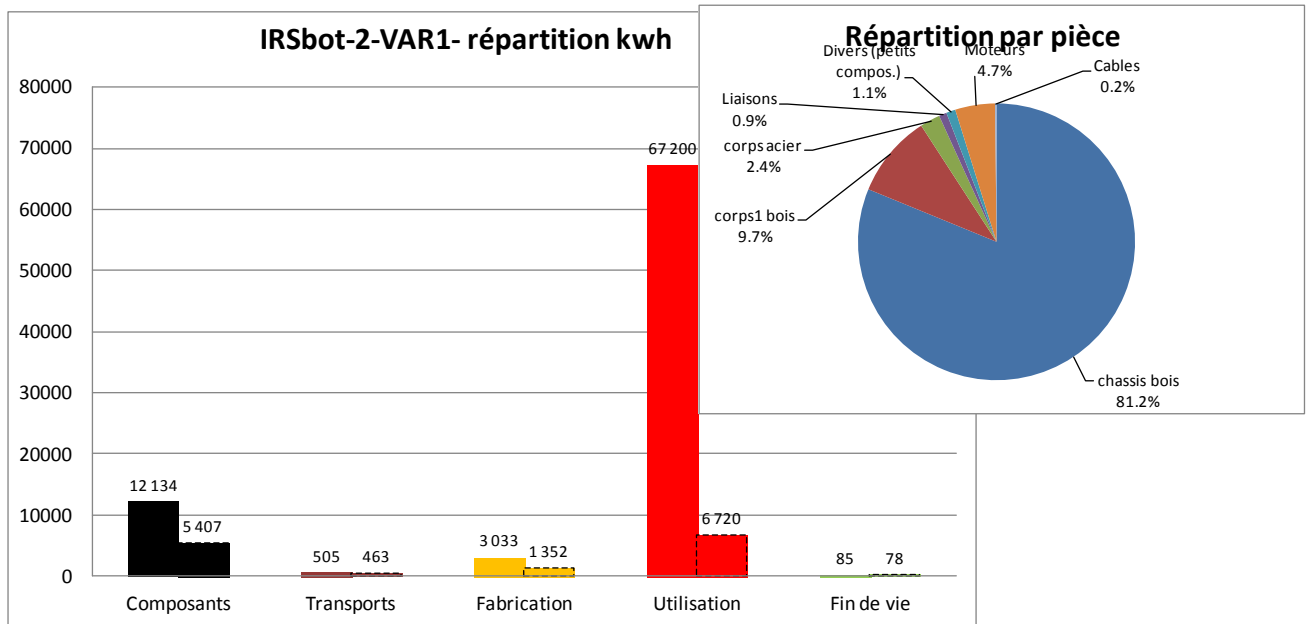
Explications :

- 1- Le bois stocke 1833 kgCO2e par T de bois, ce qui engendre une grosse réduction sur le poste composant. Dans les 78 kgCO2e restant nous trouvons entre autres l'usinage du bois qui n'est pas totalement compensé par le puit de carbone du bois.
- 2- La « fabrication » est fortement réduite car celle-ci est une fonction proportionnelle du poste « composant » (Par hypothèse 25% du poste composants)
- 3- L' « utilisation » est réduite de 90% par l'utilisation d'un système raisonnant économisant 90% d'énergie donc de CO2.
- 4- Enfin la réduction du poids des moteurs se retrouve sur les postes « composants », fabrication et transport.

Notons que c'est le sous poste « moteurs » qui possède à présent la majorité de l'impact environnemental CO2 (54%) à l'intérieur des « composants ».

Energie grise – kwh

	VAR 1	VAR1a	Réduction
Bilan énergie (kwh)	22204.38591	14020.2728	36.9%



Exploitation des résultats :

En kwh, même profil qu'en kgCO2e. Mais avec une réduction moindre pour le poste composant et fabrication. Le bois demande de l'énergie pour être façonné et il n'y a pas d'énergie négative par définition. Alors qu'il stocke du carbone qui agit en négatif sur le CO2.

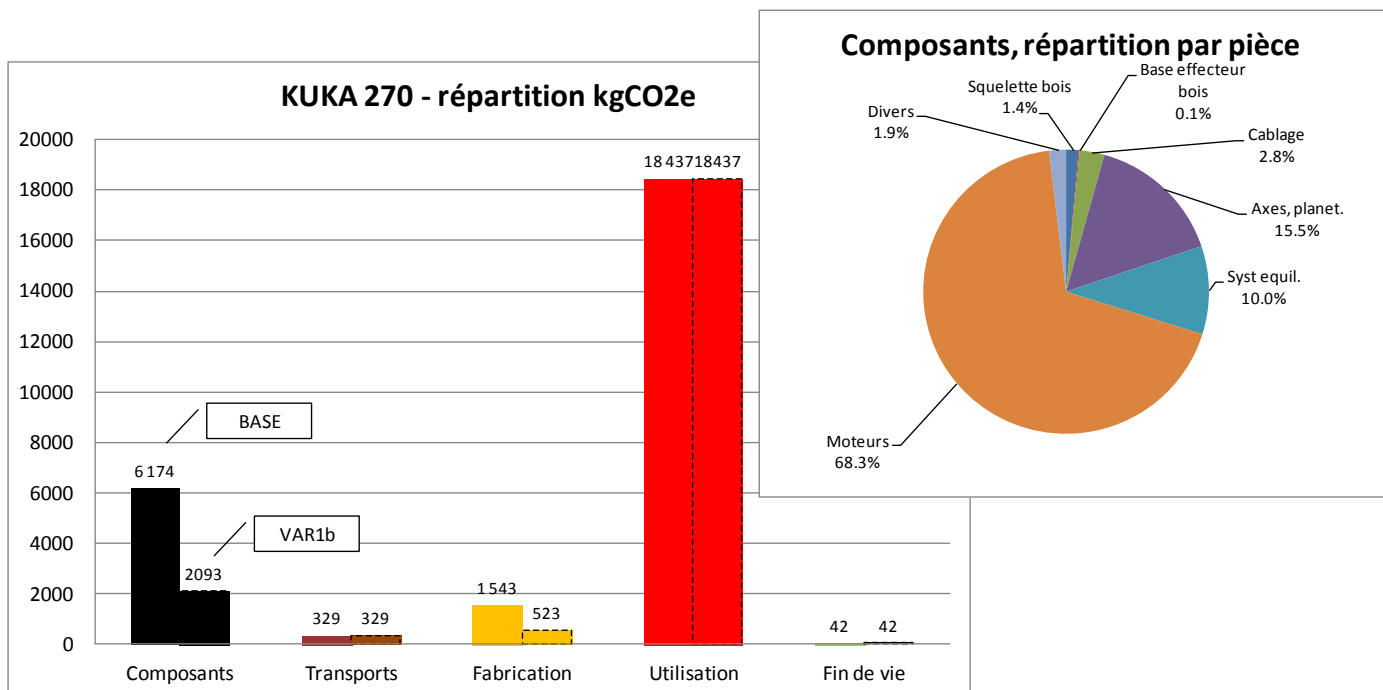
La réduction totale atteint 37%.

VAR1b

Kuka : bois, iso-masse.

Bilan Carbone – kgCO2e

	BASE	VAR1b	Réduction
Bilan Carbone (KgCO2e)	26524.59322	21424	19.2%
Equivalent km camion	27000	21500	19.2%

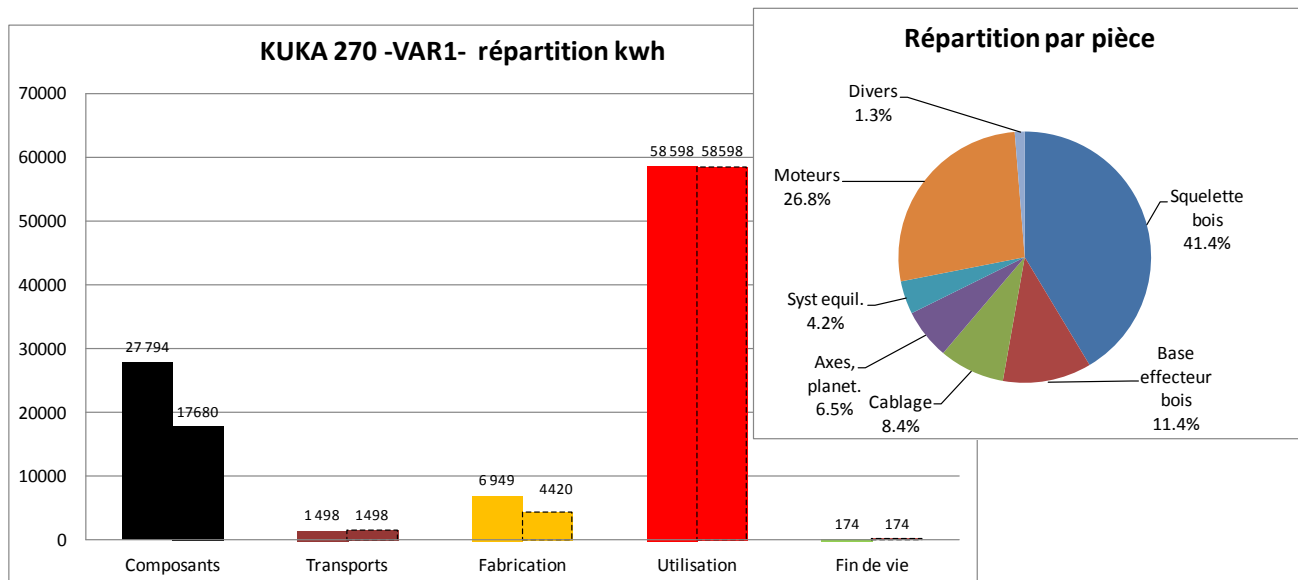


Exploitation :

Le bois fait réduire seulement de 19% le Bilan Carbone du robot. Il fait réduire des 2/3 le poste « composants ». Pas d'efficacité énergétique des moteurs sur cette variante. Le poste utilisation ne varie pas car par hypothèse la consommation d'énergie est identique à isomasse entre un robot bois et acier.

Energie grise – Kwh

	BASE	VAR1b	Réduction
Bilan énergie (kwh)	95013.00107	82371.155	13.3%



Exploitation des résultats :

Par rapport au CO₂, les kwh baissent moins en « composants » que sur la base à cause du stockage de CO₂ en critère bilan Carbone. En total la réduction atteint 13%.

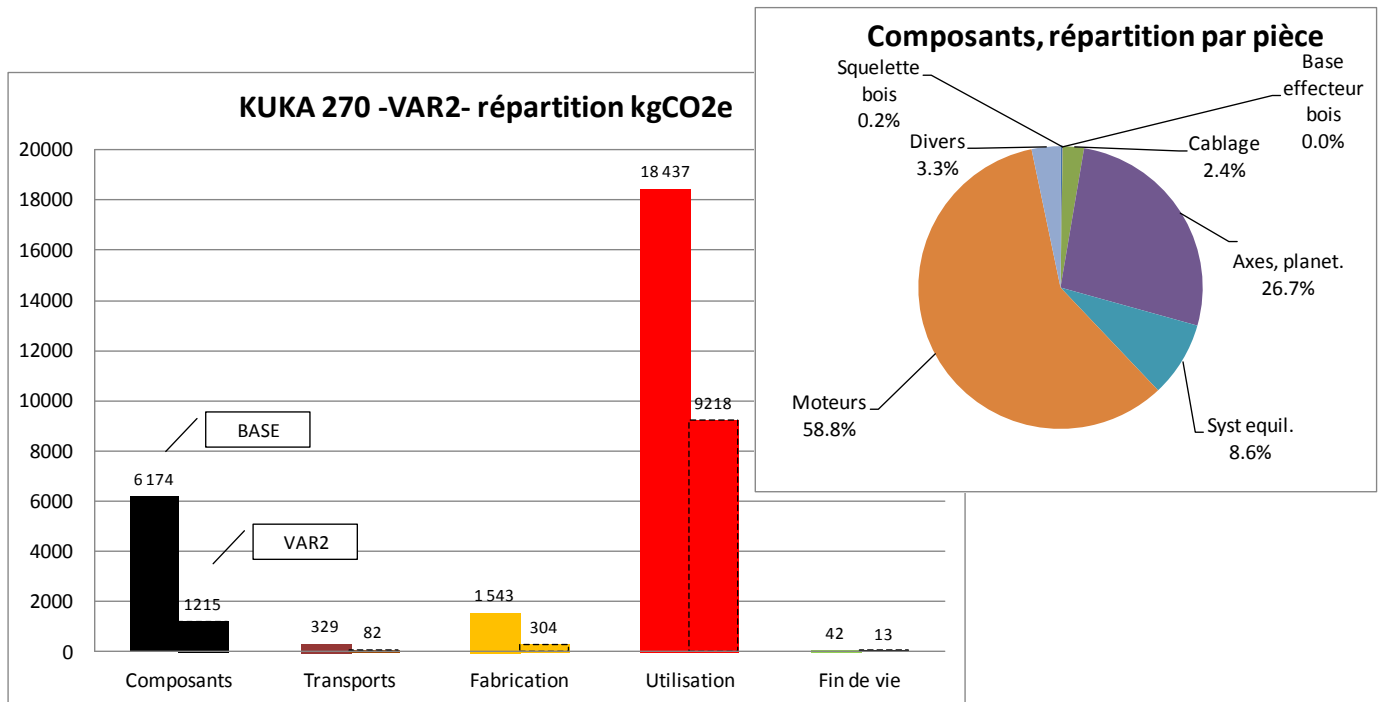
Pré-conclusion : A ce stade nous pouvons dire qu'il faut absolument associer efficacité énergétique + bois pour obtenir des baisses conséquentes sur l'impact environnemental du (des) robot(s).

VAR2

KUKA : bois hêtre, iso-volume, réduction consommation moteurs 50% par gain important masse squelette. Cette variante permet de faire intervenir aussi la réduction de masse du à la faible densité du matériau bois.

Bilan Carbone – kgCO₂e

	BASE	VAR2	Réduction
Bilan Carbone (KgCO ₂ e)	26524.59322	10833	59.2%
Equivalent km camion	27000	11000	59.2%



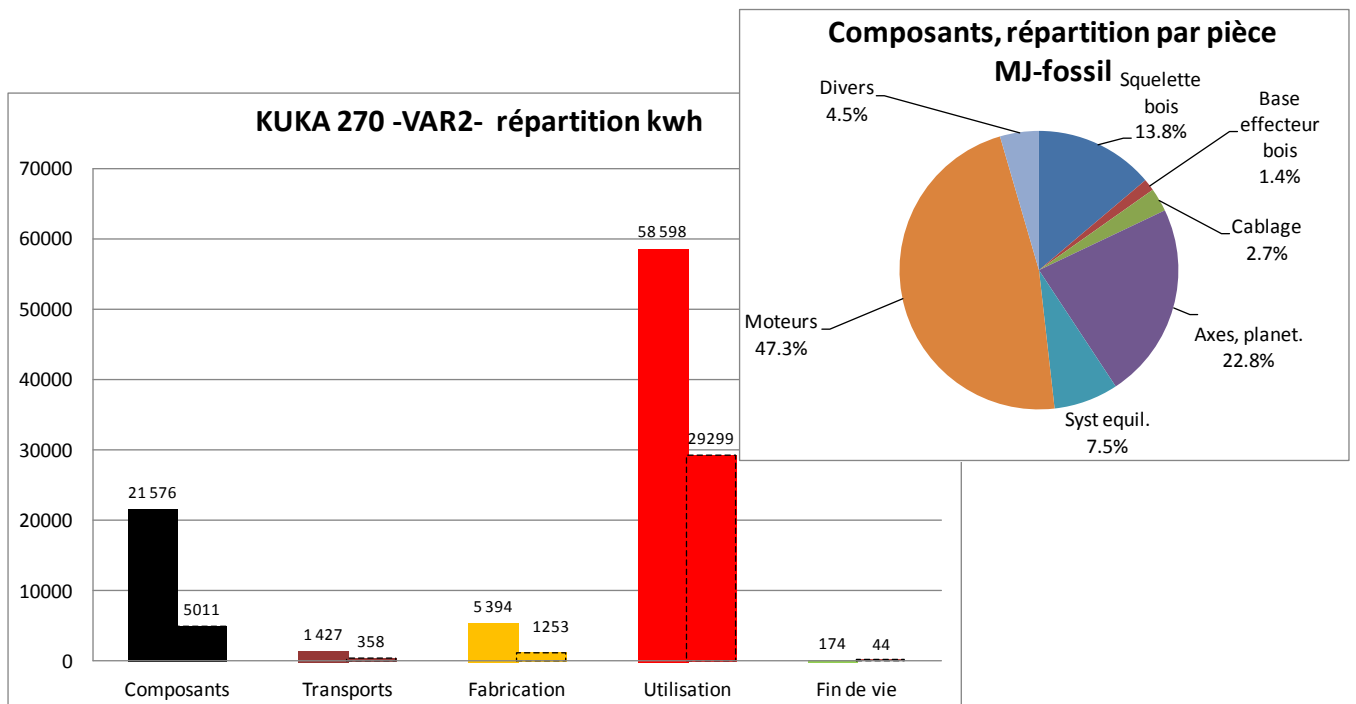
Exploitation des résultats :

Lorsqu'on réduit à la fois la masse, que l'on utilise du hêtre et que l'on réduit la consommation, le Bilan Carbone est réduit de 59%. Soit un gain très important sans faire intervenir un changement de technologie moteur.

La réduction totale provient essentiellement de « utilisation » et des « composants ».

Energie grise – kwh

	BASE	VAR2	Réduction
Bilan énergie (MJ Fossil)	87169.82205	35964.6873	58.7%



Exploitation des résultats :

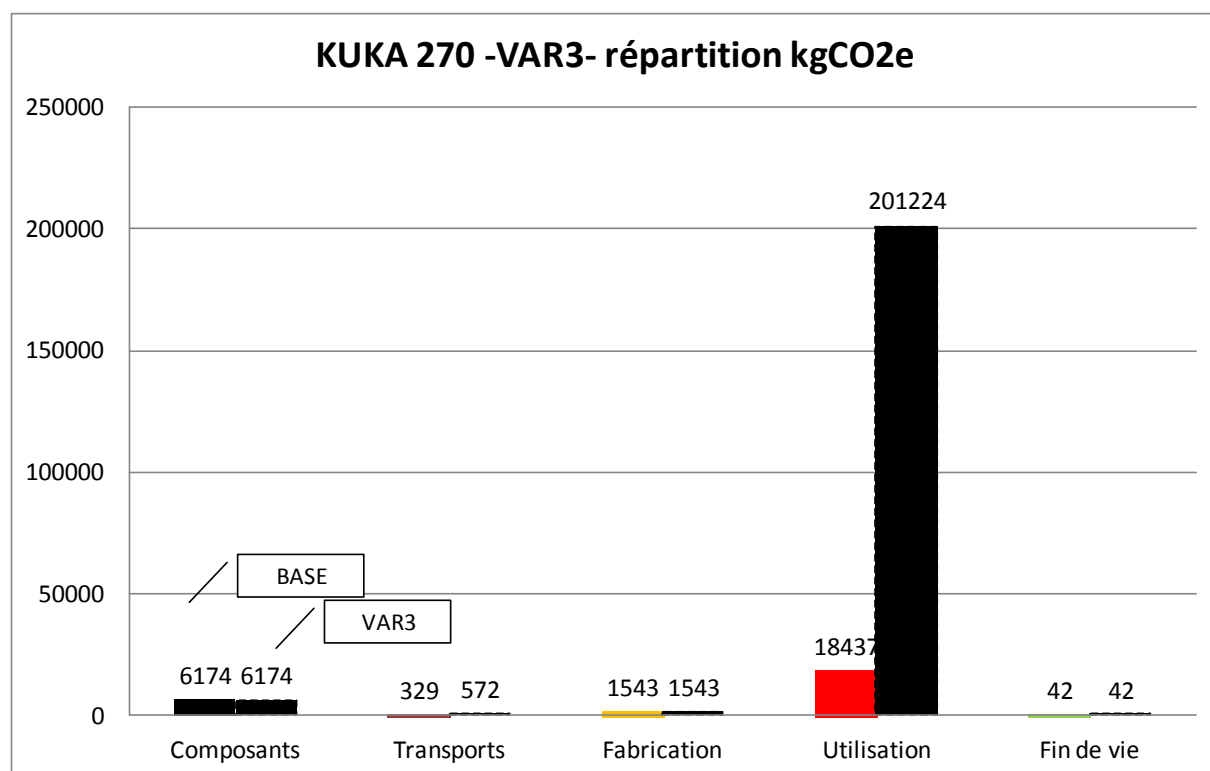
58,7% de réduction pour cette variante. Soit une réduction très importante comme pour le CO2.

VAR3

KUKA : utilisation en Chine par opposition à la France. Cela influencerait sur le contenu carbone du kwh utilisé et également le transport.

Bilan Carbone kgCO2e

	BASE	VAR3	Augmentation
Bilan Carbone (KgCO2e)	26525	209360	87.3%
Equivalent km camion	26500	209000	87.3%



Exploitation des résultats :

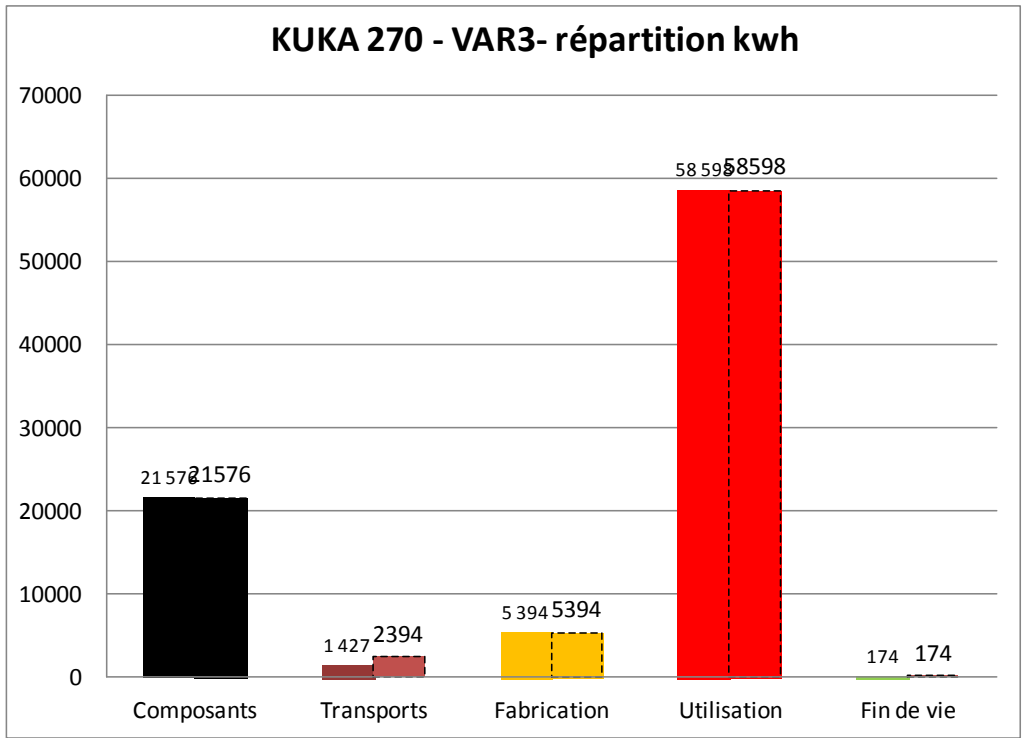
Le poste « utilisation » est véritablement un pic. Les autres sont insignifiants proportionnellement. Le Bilan carbone global augmente de 87%. En Chine ou en Asie, le contenu carbone de l'électricité est très élevé (Ordre de grandeur=10fois + élevé qu'en France). Le lieu d'utilisation qui influe sur le contenu carbone du kwh d'utilisation est donc très primordial.

Notons que l'augmentation du transport (+18000km en bateau) joue peu car le transport des composant est peu impactant sur le total en ACV.

La réduction des consommations énergétiques est nécessaire pour une utilisation en Asie. L'usage seul de matériaux écologiques comme le bois ne fera que très peu baisser le bilan global.

Energie grise kwh

	BASE	VAR3	Réduction
Bilan énergie (Kwh)	87169.82205	88137.07139	-1.1%



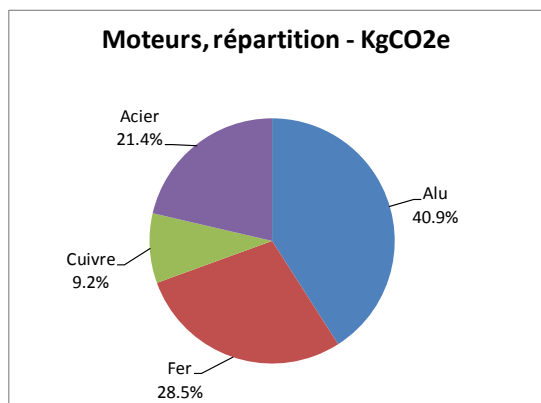
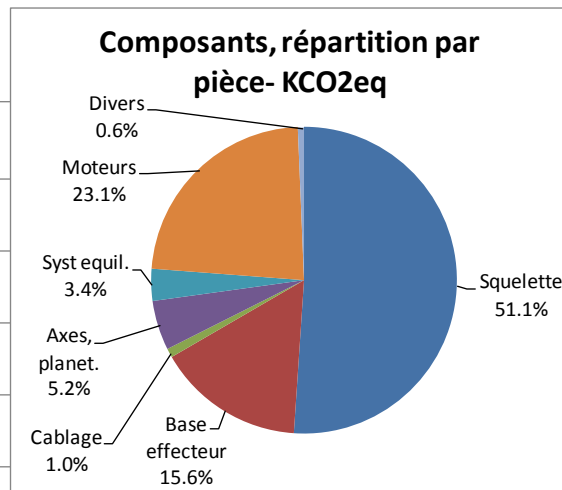
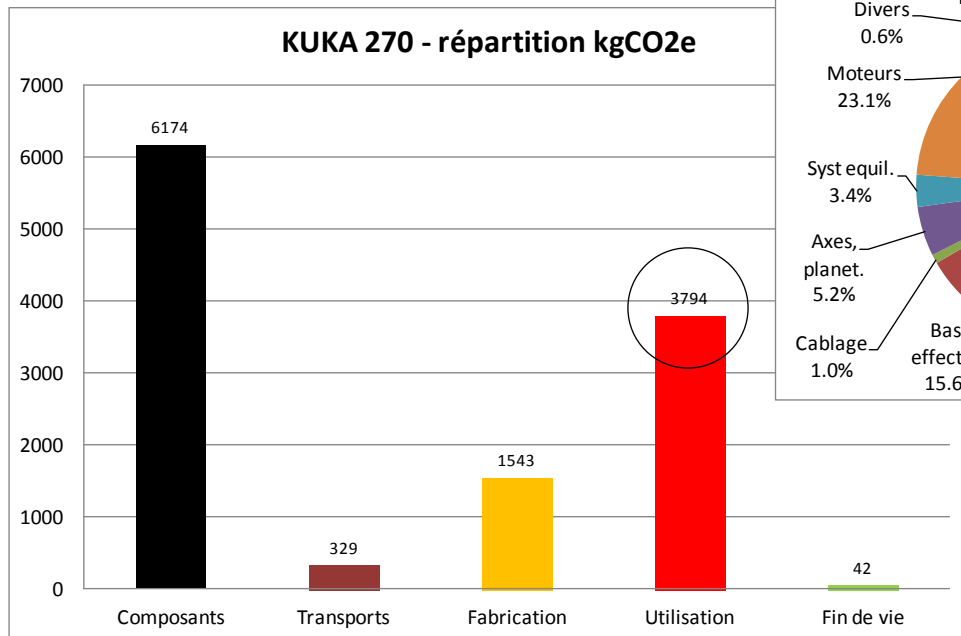
Exploitation des résultats :

Pas de changement à part le poste transport qui naturellement évolue de façon importante du à l'éloignement des lieux de fabrication. Augmentation totale =1.1%.

Robot lourd : baie -30%

Bilan Carbone – kgCO2e

Bilan Carbone (KgCO2e)	11882
------------------------	-------

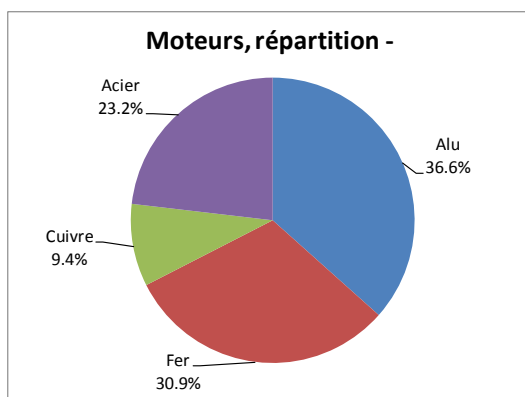
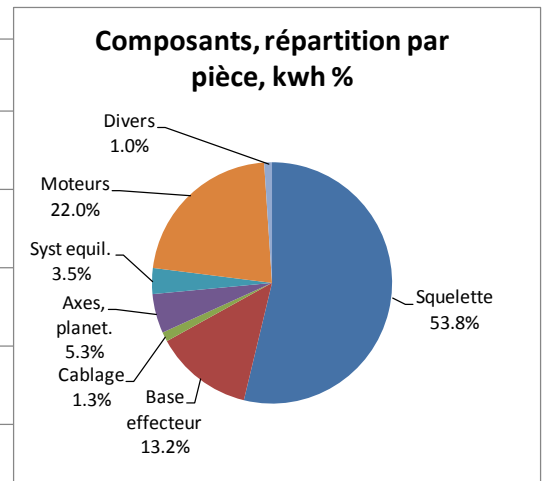
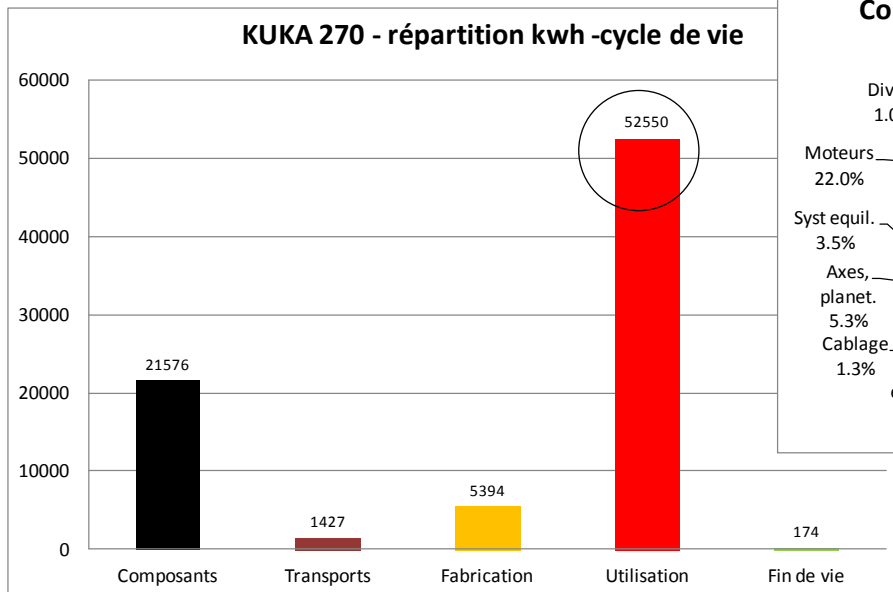


Exploitation des résultats :

Par rapport à la base classique, on réduit le Bilan Carbone exclusivement sur le poste utilisation de -10%. Sur l'ensemble des postes cela donne -3,5% ce qui est faible.

Energie grise – Kwh

Bilan énergie (kwh)	81122
---------------------	-------



Exploitation des résultats :

Sans surprise, la réduction d' « énergie grise » est plus impactante sur le total que le « Bilan Carbone » car le poste utilisation est important comparé aux autres. Réduction énergie grise totale -6,9%.

Ainsi la baie de commande à haute efficacité énergétique agira de façon modérée sur l'énergie grise du robot mais peu sur son Bilan Carbone.

3c - Conclusion

- 1
- La substitution de matériaux classiques de fabrication des robots (Acier, Alu et fonte) par du bois de hêtre,
 - L'efficacité énergétique (réduction de la consommation en phase fonctionnement) par une rupture technologique ou non,

engendrent un fort potentiel de réduction de l'impact environnemental des robots en Analyse de Cycle de Vie. Voici les valeurs atteignables :

	Réduction Bilan Carbone (%)	Réduction Energie grise (%)
Robot rapide	91,7% (VAR1a)	36,9% (VAR1a)
Robot lourd	59,2% (VAR2)	58,7% (VAR2)

- 2
- Pour les deux robots, c'est toujours la phase « fonctionnement » qui engendre la plus important impact Bilan Carbone. Même pour un pays d'utilisation à faible contenu carbone de l'électricité comme la France. Ceci est vrai aussi pour les kwh d'énergie grise sauf dans un cas (la fabrication des « composants » est encore plus forte).

La phase « composants » peut égaler la phase utilisation dans le cas de IRSBOT-2. Mais les autres phases fabrication, transport, fin de vie » représentent toujours <10% du total en Base comme en Variantes.

- 3
- Pour un pays d'utilisation comme la Chine à contenu carbone du kwh élevé, la réduction ne serait significative que s'il y avait un effort sur la consommation en phase fonctionnement. Le transport joue peu sur le total (1%).

- 4
- La construction de prototypes permettrait de valider précisément la réduction atteinte et peut être d'en améliorer encore le potentiel.

- La substitution du Hêtre par le Cumaru* (26 Mpa contre 14 Mpa de résistance à la flexion).
- La substitution de métaux rares dans les moteurs à aimant permanent.

sont quelques pistes de réflexion supplémentaires.

*Cumaru. A la condition de provenance de forêts gérées durablement pour obtenir l'impact réduit de « puit de carbone » ce qui est le cas pour le hêtre qui est un bois local.

ANNEXES

Principaux Facteurs d'Emission utilisés

KgCO2e

FE	Ecoinvent	kgCO2e/kg	
Fonte	cast iron at plant+ chromium steel product manufacturing, average metal working	3.94	
Fer, acier	steel low alloyed at plant + chromium steel product manufacturing, average metal	4.18	
Acier spécial	steel alloyed + chromium steel product manufacturing, average metal working	4.52	
Alu	aluminium product manufacturing, average metal working	12.01	
Cuivre	Cuivre moyen + copper product manufacturing, average metal working	5.39	
Cable		9.20	
Plastique moyen	polyvinylchloride, at regional storage + injection moulding	3.33	
Camion	transport, lorry 16-32t, EURO4	0.153	KgCO2e/t.km
Bateau	Transoceanic freight ship	0.011	KgCO2e/t.km
Déchets acier et métaux	BCV7	0.03	
Electricité	Chine BCV7	0.7880	KgCO2e/kwh
Résine	résine polyester +injection moulding	8.81	
Aimant au néodyme	Tantalum, powder + Fer +chromium steel product manufacturing...	31.85	
Déchets divers avec bois	BCV7	0.04	
Hêtre		-1.8334	kgCO2/kg
Moyenne usinage		1.87	
Total hêtre usiné		0.0367	

Kwh

FE	Ecoinvent	kwh/ kg	
Fonte	cast iron at plant+ chromium steel product manufacturing, average metal working	14.50	
Fer, acier	steel low alloyed at plant + chromium steel product manufacturing, average metal working	15.01	
Acier spécial	steel alloyed + chromium steel product manufacturing, average metal working	15.93	
Alu	aluminium, production mix, at plant+ aluminium product manufacturing, average metal working	35.60	Alu recyclé gr
Cuivre	Cuivre moyen + copper product manufacturing, average metal working	18.25	
Cable		42.81	
Plastique moyen	polyvinylchloride, at regional storage + injection moulding	18.83	
Camion	transport, lorry 16-32t, EURO4	0.66	
Déchets acier et métaux	BCV7	0.14	
Elec France	Ecoinvent	0.00	kwh/wh

Allocations et hypothèses générales retenues

	Allocation / hypothèse	Commentaire
Bois	Puit de carbone pour la partie avant usinage	-1833 kgCO2e/T
Fin de vie : BASE	100% fin de vie moyenne France BCV7	
Fin de vie : VAR1	100% bois incinéré avec récupération d'énergie	
Matériaux entrants	% recyclé moyen. Bdd Ecoinvent	
Bois : entretien négligé		
1MJ fossil	conversion	0.278 kwh

Détermination consommation KUKA 270 sur un cycle de référence

(Extrait de rapport portant sur KUKA et STAUBLI)

1. Objectif

La consommation réelle d'un système est souvent complexe à calculer. La voie du mesurage est la plus courue. Il s'agit ici de déterminer celle de deux robots lourds en vue d'un projet de recherche d'éconception. (Le critère énergie grise ou bilan Carbone étant fortement impactés par la consommation lors de la phase utilisation).

Objectif des mesures :

Déterminer la consommation moyenne ou puissance moyenne en condition réelle du (des) robot(s) sur un cycle de référence.

2. Définition

La consommation est mesurée en puissance active sur une unité de temps .

Définition de puissance active : est la puissance moyenne consommée par une charge.

Une grandeur appelée la puissance réactive existe également mais en 1^{ère} approche nous affirmerons ici qu'elle n'est pas facturée par le réseau.

Unité exprimée en w ou kw

Formule de calcul $P=U \times I \times \cos\Phi$ sur chaque phase

3. Protocole

Un 1er test a été effectué avec un enregistreur KIMO® monosonde mais il est apparu après analyse que l'écart entre les phases et surtout le cosPhi était important. Ceci ne permettant pas de mesures satisfaisantes.

Un 2eme test a été réalisé avec succès avec un enregistreur FLUCKE 1730® multisonde.

2 cycles de mesure d'environ 2min chacun ont été réalisés. Une moyenne des deux résultats a été réalisée. Ecart Pactive constaté <2%.



Connection d'une sonde par phase



Flucke 1730®

4. Système mesuré

Deux systèmes semblables sont mesurés :

- Un robot KUKA® 270 + baie de commande.
- Un robot STAUBLI® (Ref ?) + baie de commande.

Alimentation : 400V Alternatif

Réseau : Etoile

La baie de commande possède sa propre consommation d'énergie. Le robot ne consomme que s'il est alimenté par la baie. Il est à noter que lors de certains mouvements, certains organes du (des) robot(s) récupèrent de l'énergie certainement sous forme d'énergie réactive fournie au réseau. L'énergie active permet de moyenniser ce qui est fourni et ce qui est consommé.

5. Résultats

La synthèse des résultats est la suivante :

Exploitation données:			
Baie + robot		Staubli	0.743 Kw en P active, moyen précis sur un cycle
		Kuka	0.872
Baie seule		Staubli	0.216
		Kuka	0.300
Ratios:			
Part moteurs seuls		Staubli	70.9% % du total
		Kuka	65.6%
Part moteurs seuls avec hypothèse baie -30%		Staubli	77.7%
		Kuka	73.1%

Résultats dans l'hypothèse d'un changement de baie à haute efficacité énergétique :
KUKA 270

Gain énergétique en kw

Baie actuelle	Nouvelle baie	Gain %
0.300	0.210	-30.0%

NB: Puissance moyenne en kw actif déterminée avec freins autonomes du robot enclanchés

Robot + baie	Robot+baie nouvelle	Gain %
0.872	0.782	-10.3%

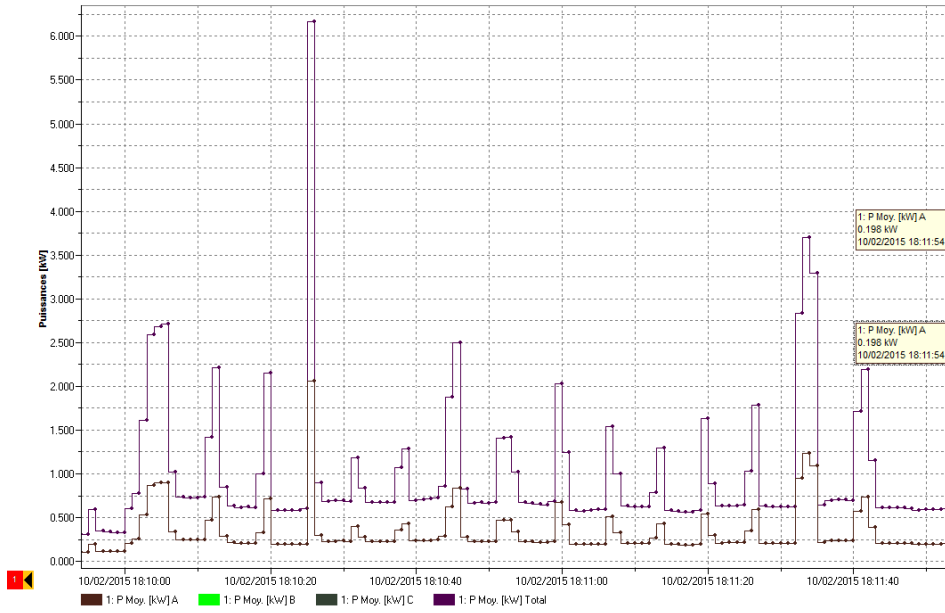
6. Conclusion

Ceci amène deux réflexions :

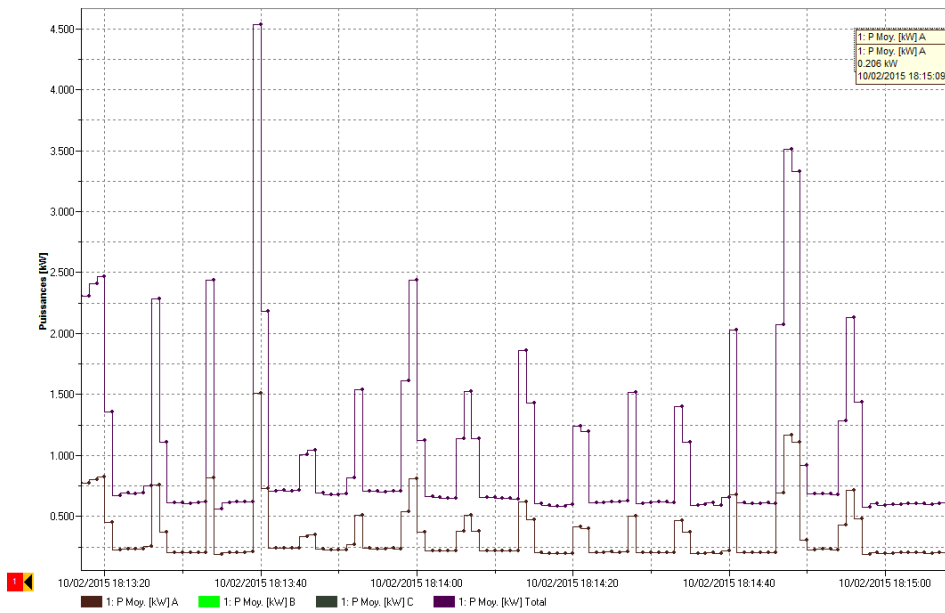
- **La consommation mesurée sur ce cycle de référence est très inférieure à la puissance installée sur le robot (KUKA et STAUBLI). C'est un système relativement efficace d'un point de vue énergétique même s'il pourra être amélioré.**
- **La consommation de la baie est importante et ne doit pas être négligée dans la recherche d'éco-conception des produits.**

ANNEXE

Graphiques de résultats FLUCKE 1720: KUKA 270- Cycle1



Cycle 2



Staubli cycle 1

Options des graphiques

Session

1: ES.025

Options de l'échelle de gauche

P [W]	S [VA]	Q [var]
<input checked="" type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> Min / Max	
<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Afficher la limite	
<input checked="" type="checkbox"/> C		0 W
<input checked="" type="checkbox"/> Total		

Options de l'échelle de droite

PF [1]	Aux
<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> min-max
<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Afficher la limite
<input type="checkbox"/> C	
<input type="checkbox"/> Total	1

Echelle de temps

1 heure
 1 jour
 1 semaine
 Spécifique

Définir une fenêtre temporelle

Début 10/02/2015 18:09:54
 Fin 10/02/2015 18:11:54

Temps de travail

Définir les heures de travail

Début 08:00 Durée 08:00

Lun Mar Mer Jeu Ven Sam Dim

Options des graphiques

Session

1: ES.025

Options de l'échelle de gauche

P [W]	S [VA]	Q [var]
<input checked="" type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> Min / Max	
<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Afficher la limite	
<input checked="" type="checkbox"/> C		0 W
<input checked="" type="checkbox"/> Total		

Options de l'échelle de droite

PF [1]	Aux
<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> min-max
<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Afficher la limite
<input type="checkbox"/> C	
<input type="checkbox"/> Total	1

Echelle de temps

1 heure
 1 jour
 1 semaine
 Spécifique

Définir une fenêtre temporelle

Début 10/02/2015 18:13:17
 Fin 10/02/2015 18:15:09

Temps de travail

Définir les heures de travail

Début 08:00 Durée 08:00

Lun Mar Mer Jeu Ven Sam Dim

Extrait d'un travail de recherche préliminaire pour validation de faisabilité

ÉCOCONCEPTION

Vers un robot en bois

THIERRY LAURENT, JEAN-LOUIS KERGUÈME, OLIVIER ARNOULD, DAVID DUREISSEIX^[1]

Bousculant l'idée reçue que la précision est liée à la raideur des matériaux, voici les résultats d'une étude de conception d'un robot parallèle à grande vitesse avec des bras... en bois !

De la recherche du matériau à la validation par des essais sous forte accélération, une démarche scientifique.

Depuis quelques années, l'évolution des robots est marquée par l'apparition d'une « espèce » plus rapide et plus précise : les robots parallèles [1] [2] [3] [4]^[2]. Les robots classiques possèdent une architecture similaire à celle d'un bras humain : si la main tient un objet, le poignet supporte le poids de la main et de l'objet à manipuler, le coude celui du poignet, de la main et de l'objet, et l'épaule le bras entier et l'objet. Les efforts sont de plus en plus grands dans les articulations (les liaisons), et les muscles (les moteurs) doivent déplacer des masses de plus en plus grandes. Pour un robot parallèle, l'objet à manipuler est fixé à plusieurs bras, plus simples et surtout plus légers, car chacun d'un unique moteur placé à leur base [3]. En conséquence, la masse de l'objet à manipuler peut être plus élevée, la vitesse plus grande (accélération jusqu'à 30 fois plus grandes) ou la précision plus importante (utilisation en chirurgie de précision par exemple [5]). La difficulté réside dans la loi de commande du robot, en général assez complexe.

Le projet support de l'étude présentée est la reconception d'un bras, pièce critique d'un robot parallèle à grande vitesse, menée en collaboration avec le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM, unité mixte de recherche CNRS 5506, équipe Dexter du département de robotique [1]^[3]) et la société Fatronik [2] représentés par Sébastien Krul. Ce robot 4 axes (3 translations, 1 rotation autour de la verticale) est dédié aux opérations de prise et dépose de pièces *pick & place*, à cadence élevée (au moins 5 par seconde). L'objectif imposé est l'utilisation majoritaire de matériaux à faible impact écologique (le bras d'origine est un tube de composite carbone stratifié à ± 45°, assemblé par collage à des embouts plastiques ou métalliques [4]). Dans le cadre d'une démarche de type écoconception, le bois massif

mot-clés
actionneur,
écoconception,
matériaux, postbac,
recherche &
développement

(d'origine locale) est un excellent candidat, comme nous allons le montrer.

Ce projet s'inscrit dans une ligne de communication de la société Fatronik, qui envisage la réalisation d'un prototype de robot PAR4 [6] avec le maximum de pièces à faible impact écologique. Ce prototype fonctionnel sera placé dans le hall de l'entreprise pour sensibiliser les visiteurs à l'investissement de l'entreprise dans une démarche d'écoconception de ses produits.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'un enseignement professionnalisant à l'université : le master Création industrielle en mécanique (CIM), supporté par le département d'enseignement de mécanique [3] de l'université Montpellier-II. À l'issue de cette formation, à bac + 5, ceux qui l'ont suivie pourront intégrer des centres de R & D industriels en ingénierie mécanique, devenir responsables de bureaux d'études, ingénieurs technico-commerciaux, chargés d'affaires... Durant la première année de ce parcours de master, une unité d'enseignement (UE) propose aux étudiants un projet industriel, dont l'objectif est double : d'une part, mobiliser leurs compétences et connaissances pluridisciplinaires, acquises dans d'autres UE (simulation, dimensionnement, choix de composants, choix de matériaux, CMAO, gestion de projet, méthodes professionnelles et communication) au service d'une étude spécifique ; d'autre part, les mettre en contact avec le client industriel qui a proposé le projet, différents chaque année, ce qui est une source de motivation supplémentaire. Son déroulement pratique fera l'objet d'une seconde partie dans un prochain numéro.

Cette première partie a pour but d'attester l'intérêt du matériau bois, aussi bien d'un point de vue environnemental qu'en termes de caractéristiques techniques, compte tenu du cahier des charges. Nous précisons ensuite la démarche de conception retenue pour cette étude ainsi que les performances des prototypes réalisés.

Les caractéristiques du matériau

L'objectif ici n'est pas de faire un cours sur l'écoconception [7] [8] [9] [10] ni d'appliquer une démarche complète d'analyse du cycle de vie [11] [12], mais de choisir de façon simple et pragmatique un matériau répondant au cahier des charges de reconception du bras de robot.

Son impact environnemental

Afin de choisir le matériau remplaçant le composite en carbone du bras initial, nous avons regroupé, dans le

[1] Département d'enseignement de mécanique, faculté des sciences, université Montpellier-II (34). Courriel : {Thierry.Laurent, Jean-Louis.Kergueme, Olivier.Arnould, David.Dureisseix}@univ-montp2.fr

[2] Les chiffres gris entre crochets renvoient à la bibliographie.

[3] Les chiffres en blanc sur fond rouge entre crochets renvoient à la webographie.

Matériau principal	Chêne	Chêne	Hêtre	Hêtre	Pin	Chêne	Chêne
Masse (kg)	1,228	1,244	1,16	0,871	1,226	1,149	1,04
Moment d'inertie / à l'axe du rotateur (kg·m ²)	0,024	0,022	0,022	0,0186	0,019	0,025	0,0164
Raideur en « flexion » (kN/m)	320	151	201	NC	200	196	137
Raideur en torsion (N/m)	470	120	110	NC	160	120	150
Raideur en traction (kN/m)	390	2 400	2 700	1 300	500	1 700	NC
Coût du prototype (€)	-	NC	315	151	161	710	520

La comparaison des performances, estimées par les étudiants, des différents prototypes avec celles du bras en carbone (tableau correspondant à celle de la figure 1).

orientées à $\pm 45^\circ$ par rapport à l'axe, ce qui lui confère un module d'élasticité spécifique (en traction/compression) plus faible que celui du peuplier dans la direction longitudinale mais de bien meilleures performances en torsion. Nous verrons qu'avec un bon dimensionnement un bras en bois massif peut tout à fait concurrencer le bras en carbone.

La conception du bras

Le processus de conception

La démarche suivie dans le cadre du projet est une adaptation de la démarche de conception Cosam développée par Claude Marouin [16] et utilisée par le Cirad.

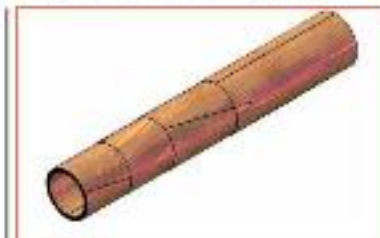
La figure 2 illustre, de façon synthétique, le phasage du projet de son déclenchement à la validation du prototype fonctionnel correspondant à la finalité de la demande du client (en rouge, les documents de fin de phase). Chacune de ces phases est ensuite détaillée, en précisant :

- Les objectifs et les composantes de la phase ;
- Les compétences nécessaires (économiques, techniques ou encore d'animation) ;
- Les moyens ou les outils ;
- La durée affectée à la phase ;
- Le document de fin de phase à remettre ;
- La validation, si cette phase fait l'objet d'une validation de la part du décideur ;
- La situation de fin de phase qui, selon les résultats obtenus, conduit à la poursuite ou non du projet (avec, en cas d'arrêt, l'action à mener et le retour dans l'organigramme du projet).

La figure 3 donne en exemple le détail de la phase 2 - analyse fonctionnelle et état de l'art -. Les informations fournies dans chacune des phases permettent au groupe de projet de construire consciemment un Gantt en ayant une estimation de la durée de chacune des phases, une visibilité des tâches à mener et la possibilité



La validation des bras avec pilotage des accélérations jusqu'à 17 g



Le contreplaqué tubulaire avec piliers intérieurs orientés et croisés (18)

Classement des essences de bois selon leur élasticité

Guide des essences du bois (Yves Benoit, p.91)

Classement des essences selon leur contrainte de rupture en flexion parallèle aux fibres

Les essais sur éprouvettes permettent de qualifier les qualités intrinsèques d'une essence. Elles sont sans défauts (pente de fil, nœuds, etc.), et leur humidité est contrôlée. Les valeurs obtenues ne sont donc pas applicables directement dans les calculs de structure qui doivent tenir compte de la qualité du bois (présence de singularités, humidité, coefficient de sécurité, etc.). Les valeurs à utiliser pour ces calculs sont indiquées par la norme NF B 52-001. La contrainte de rupture en flexion caractérise la résistance à la rupture du bois travaillant en flexion.

Essences	MPa	Essences	MPa
Azobé	227	Iroko	105
Cumaru	220	Keruing	105
Maçaranduba	200	Red oak	104
Moabi	199	Dibétou	100
Bubinga	192	Framiré	99
Ipé	190	Mogno	98
Doussié	173	Chêne	97
Jatoba	160	Merisier	96
Amarante	155	Imbuia	93
Mansonia	150	Mélèze	93
Niangon	144	Méranti, dark red	92
Balau yellow	142	Louro vermelho	90
Sapelli	142	Pin sylvestre	90
Koto	140	Tauari	90
Itauba	138	Ilomba	88
Makoré	137	Orme	88
Basralocus	135	Aulne	87
Merbau	135	Okoumé	87
Padouk	134	Cherry	85
Angelim	133	Douglas	85
Sipo	127	Acajou d'Afrique	83
Kempas	126	Pin maritime	80
Kosipo	122	Jongkong	76
Curupixa	121	Western hemlock	75
Kapur	120	Tola	75
Tiama	118	Ayous	73
Mengkulang	118	Châtaignier	71
Noyer	117	Epicéa	71
Lauan, white	116	Virola	71
Grapia	116	Red alder	68
Tatajuba	115	Sapin	68
Fraké	114	Peupliers	65
Frêne	113	Sitka spruce	65
érable sycamore	110	Jaboty	55
Ramin	110	Western red cedar	51
Hêtre	107	Jelutong	50
Teak	106	Balsa	15

Classement des essences selon leur module d'élasticité longitudinal en flexion

Les essais sur éprouvettes permettent de qualifier les qualités intrinsèques d'une essence. Elles sont sans défauts (pente de fil, nœuds, etc.), et leur humidité est contrôlée. Les valeurs obtenues ne sont donc pas applicables directement dans les calculs de structure qui doivent tenir compte de la qualité du bois (présence de singularités, humidité, etc.). Les valeurs à utiliser pour ces calculs sont indiquées par la norme NF B 52-001 (résineux français et peupliers). Le module d'élasticité caractérise la raideur du bois.

Essences tempérées	MPa	Essences tempérées	MPa
Hêtre	14300	Erable sycamore	10500
Frêne	12900	Merisier	10200
Red oak	12700	Cherry	10200
Chênes	12500	Sitka spruce	9600
Mélèze	12500	Red alder	9500
Sapin	12200	Aulne	9500
Douglas	12100	Peupliers	8800
Noyer	11900	Pin maritime	8800
Pin sylvestre	11000	Châtaignier	8500
Ormes	10800	Western red cedar	7900
Essences tropicales	MPa	Essences tropicales	MPa
Cumaru	26610	Louro vermelho	14170
Maçaranduba	24410	Sapelli	13960
Jatoba	23460	Makoré	13850
Kempas	23000	Teck	13740
Balau yellow	22940	Mansonia	13620
Ipé	22760	Sipo	13240
Tatajuba	21490	Koto	13140
Azobé	21420	Méranti, dark red	13020
Amarante	21250	Iroko	12840
Moabi	21040	Virola	12430
Itauba	21020	Lauan, white	12330
Angelim	20870	Acajou d'Afrique	11820
Bubinga	20180	Fraké	11750
Ramin	19020	Framiré	11350
Basralocus	18350	Kosipo	11190
Curupixa	17300	Tiama	10980
Doussié	17020	Tola	10920
Keruing	16610	Mogno	10790
Kapur	16150	Ilomba	10130
Grapia	15880	Jelutong	10040
Padouk	15870	Western hemlock	10000
Jaboty	15520	Okoumé	9690
Merbau	15440	Imbuia	9260
Jongkong	14500	Dibétou	8500
Tauari	14500	Ayous	7260
Mengkulang	14450	Balsa	5140
Niangon	14430		

Extrait fiche technique KUKA 270-2

«EXTRÊMEMENT SOPHISTIQUÉS - EXTRÊMEMENT RENTABLES

La rentabilité a joué un rôle primordial déjà lors de la construction : une technique de pointe des plus modernes et des réducteurs avec le couple le plus élevé de leur classe garantissent 40.000 heures de service continu. De plus, les composants à faible usure tels que les poignets de robot dotés de roues droites sans courroies permettent de réduire les intervalles et les frais de maintenance. **Les avantages : une production exempte de difficultés et plus de sécurité de planification.**

«EXTRÊMEMENT POLYVALENTS - EXTRÊMEMENT FIABLES

KUKA vous offre une vaste gamme de logiciels : des logiciels d'application préfabriqués pour les applications courantes à la Safe Robot Technology pour la surveillance de zones de protection, en passant par les programmes de simulation pour la planification de cellules robotisées. Pour un travail en équipe de plusieurs robots, coordonné avec exactitude, nous vous proposons le progiciel d'applications RoboTeam. **Les avantages : un maximum de possibilités et de sécurité.**



Qu'il s'agisse d'une version standard, d'une version pour salles blanches ou Foundry, la série 2000 offre la solution adéquate pour chaque exigence.



Souder, usiner, prélever des pièces en fonte de, comme ici, mesurer en ligne des carrosseries ne représentent qu'une fraction des possibilités d'application.

Type	KR 270-2
Portée maximale	3.700 mm
Charge nominale	270 kg
Charge suppl. bras/épaule/bâti rot.	30/190/200 kg
Charge suppl. bras + épaule, max.	150 kg
Charge totale	670 kg
Nombre d'axes	6
Position de montage	Sol
Variante	Foundry
Répétabilité de position*	±0,04 mm
Répétabilité de trajectoire*	
Commande	KR C3 edition 2000
Poids (sans commande) env.	1.267 kg
Température en service	+19 °C à +35 °C
Mode de protection	IP 65
Surface de mise en place robot	1.006 mm x 1.006 mm
Connexion	7,3 kVA
Niveau sonore	< 75 dB

Le KR 150-2, KR 180-2, KR 210-2, KR 240-2 et le KR 270-2 font partie de la série 2000.

Système d'entraînement électromécanique avec servomoteurs AC sans balais

*selon ISO 9283

Donnée des axes	Rayon d'action (logiciel)	Vitesse pour charge nominale 270 kg
Axe 1 (A1)	±105°	88°/s
Axe 2 (A2)	0°-146°	79°/s
Axe 3 (A3)	+155°/-119°	77°/s
Axe 4 (A4)	±230°	180°/s
Axe 5 (A5)	±129°	160°/s
Axe 6 (A6)	±230°	180°/s

L'ensemble des indications relatives à la nature et à l'emploi des produits n'est donné qu'à titre indicatif et ne saurait constituer un engagement quant à leurs caractéristiques. Seul l'objet du contrat spécifique fait foi et nous engage pour nos fournitures et prestations. Caractéristiques techniques et illustrations sans engagement pour les livraisons. Sous réserve de modifications.

Extrait WR 2013

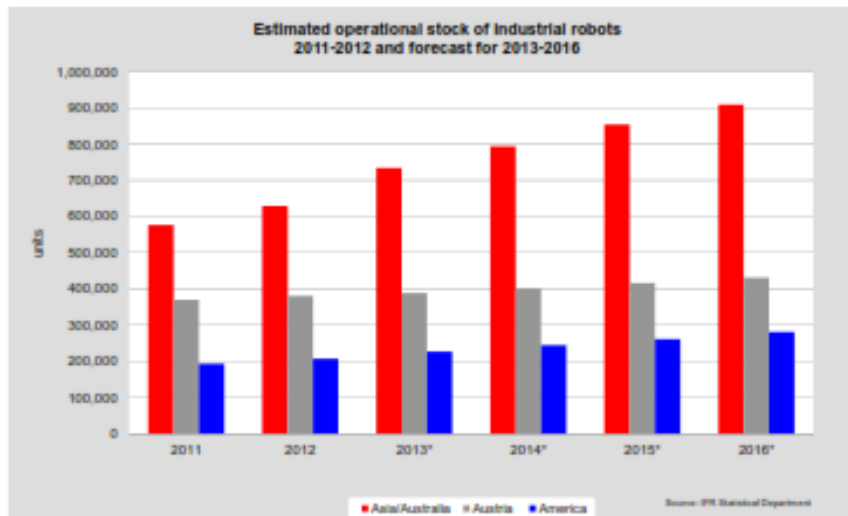
Estimated operational stock of multipurpose industrial robots at year-end in selected countries. Number of units

Country	2011	2012	2013*	2016*
America	192,966	207,017	226,550	281,000
Brazil	6,971	7,576	9,170	17,400
North America (Canada, Mexico, USA)	184,679	197,962	215,650	260,600
Other America	1,316	1,479	1,730	2,800
Asia/Australia	576,545	628,889	733,500	908,500
China	74,317	96,924	121,200	215,800
India	6,352	7,840	9,300	16,300
Japan	307,201	310,508	309,400	312,900
Republic of Korea	124,190	138,883	155,300	201,700
Taiwan	29,837	32,455	35,800	43,000
Thailand	13,088	17,116	20,600	32,600
other Asia/Australia	21,560	25,163	81,900	86,200
Europe	369,965	380,546	388,800	431,700
Czech Rep.	5,890	6,830	7,800	11,000
France	34,461	33,624	33,000	33,200
Germany	157,241	161,988	165,800	177,900
Italy	62,245	60,750	58,600	55,400
Spain	29,847	28,911	27,300	27,100
United Kingdom	13,641	15,046	15,500	20,000
other Europe	66,640	73,397	80,800	107,100
Africa	2,495	2,858	3,300	4,900
not specified by countries**	11,126	16,079	20,850	33,400
Total	1,153,097	1,235,389	1,373,000	1,659,500

Sources: IFPI, national robot associations.

*forecast

** reported and estimated sales which could not be specified by countries



Agrément BILAN CARBONE®



LICENCE Niveau 2 : Licence d'exploitation

Contrat de Licence d'exploitation Bilan Carbone®

Entre

L'Association Bilan Carbone,
Association loi du 1^{er} juillet 1901
Dont le siège est situé 7 rue de Clichy 75009 PARIS
Inscrite au Répertoire national des associations sous le n° W751211208
Inscrite sous le numéro SIRET : 538 170 093 00024
Ci-après l'« ABC »,

et

FIZIANS ENVIRONNEMENT
19 rue des déportés
35310 MORDELLES
Inscrite sous le numéro SIRET : 503 387 896 00023

Ci-après le « Licencié »

L'ABC et le Licencié étant ci-après désignés ensemble les « Parties » et individuellement une « Partie »

Utilisateur(s) formé(s) du Licencié : BINDER Pierre

L'ABC a été constituée en juillet 2011 dans le but de poursuivre l'exploitation et le développement de la méthode Bilan Carbone® (ci-après la « Méthode Bilan Carbone® ») initialement développée par Jean-Marc Jancovici pour le compte de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ci-après l'« ADEME »).

La Méthode Bilan Carbone® est une méthode de diagnostic relatif aux émissions de gaz à effet de serre visant à établir l'inventaire des émissions directes et indirectes d'une activité ou d'un territoire à partir de données facilement disponibles puis à proposer sur cette base des préconisations pour l'action visant à réduire ces émissions.

Elle s'applique à toute activité (entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités, etc.) ainsi qu'aux territoires gérés par les collectivités.

L'ABC est titulaire de l'ensemble des droits d'exploitation de la Méthode Bilan Carbone®.

Les Parties se sont rapprochées pour conclure le présent contrat de licence.

Cette licence est souscrite par le Licencié et profite également aux personnes morales listées en annexe.
Ces personnes morales seront tenues aux mêmes droits et obligations que le Licencié dans l'exécution du présent contrat.
Le Licencié se porte fort du respect de ces droits et obligations par ces personnes morales.