

L'extension *intexgral*

4.2.0

Valentin Dao*

10 septembre 2026

Résumé

Tandis que la composition d'intégrales est très fréquente en $\text{\LaTeX}$, cette dernière s'avère souvent peu pratique. Lorsque l'expression se complexifie, il devient alors difficile d'en modifier les différents éléments dans un code source peu lisible. Pour répondre à ce problème, le package *intexgral* met à disposition une macro centrale dont le seul argument est l'intégrande. Tout le reste (les symboles, les bornes, les variables d'intégration...) pourra aisément être modifié grâce à une interface $\langle \text{clé}=\text{valeur} \rangle$. Ce package étant écrit en expl3 , il dépend donc de *l3kernel*.

*E-mail : vdao.texdev@gmail.com

Table des matières

Résumé	1
I Documentation	4
1 Options de package	5
2 Présentation de la macro principale	5
3 Liste des clés	6
3.1 Bornes d'intégration	6
3.1.1 Définir les bornes	6
3.1.2 Modifier le style	7
3.2 Modes d'affichage	7
3.3 Symbole (et encore des bornes)	8
3.3.1 Sélectionner le symbole	8
3.3.2 Générer plusieurs intégrales	9
3.3.3 Définir des bornes ponctuellement	9
3.3.4 Motifs récurrents de bornes	9
3.4 Différentielles	10
3.4.1 Spécifier les variables d'intégration	10
3.4.2 Inclure le jacobien	10
3.4.3 Modifier le symbole des différentielles	11
3.4.4 Réaliser une intégrale curviligne	11
3.4.5 Ajouter un exposant	11
4 Macros annexes	11
4.1 Permuter la position des différentielles	12
4.2 Macros contextuelles	12
4.3 Retour sur la clé <i>limits</i>	13
4.3.1 Définir un mot-clé	13
4.3.2 Saisir des bornes symétriques	15
4.4 Retour sur la clé <i>variables</i>	15
4.4.1 Définir un mot-clé	15
4.5 Retour sur la clé <i>symbol</i>	16
5 Syntaxe <i>spéciale</i>	17
5.1 Présentation de la syntaxe	17
5.2 Fonctionnement de la syntaxe	18
6 Paramètres annexes	19
Historique des modifications	21
II Implémentation	23
1 Initialisation	24
1.1 Déclaration du package	24
1.2 Vérifications préliminaires	24

2	Options de package	25
2.1	Définition des variables	25
2.2	Déclaration des options	25
3	Messages	26
4	Variantes utiles	28
5	Variables internes	28
5.1	Tokens	28
5.2	Booléens	29
5.3	Séquences et clists	30
5.4	Liste de propriétés	30
5.5	Muskip	31
5.6	String	31
6	Macros et séquences auxiliaires	31
6.1	Séquences principales	32
6.2	Séquences subsidiaires	33
7	Bornes d'intégration	33
8	Variables	37
9	Syntaxe spéciale	37
10	Composition de l'intégrale	40
10.1	Mode <i>default</i>	41
10.2	Mode <i>nested</i>	43
10.3	Mode <i>product</i>	44
10.4	Composition finale	46
11	Déclaration des clés	46
12	Macros d'interface utilisateur	50
12.1	Mots-clés pour les bornes	50
12.2	Mots-clés pour les variables	51
12.3	Mots-clés pour les symboles	52
12.4	Autres macros	53
13	Configuration du package	54
13.1	Symbole	54
13.2	Bornes	55
13.3	Variables	55
13.4	Paramètres par défaut	55
	Index	56

Licence

© 2025 Valentin Dao, publié sous la ~~La~~TeX Project Public License (LPPL) 1.3c

Polices

Chronicle Text G3 Roman

© 2002, 2007 Hoefler & Frere-Jones.

Whitney-Medium

© 1996, 2009 Hoefler & Frere-Jones.

Monospace Argon Medium

© 2023, GitHub

Dépôt

 [Voir dépôt GitHub.](#)

Remerciements

Un grand merci à Plante et Slurpy de m’avoir accompagné dans cette aventure que fut l’apprentissage de $\text{\TeX}$, vos conseils ont été précieux. Je tiens également à remercier Anthony pour avoir toujours gentiment révisé les nouvelles versions et m’avoir donné des idées pour celles à venir.

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTATION

1 Options de package

`\intexgralsetup` `\intexgralsetup` {options de package}

nouveau: v2.0.0

Ces options peuvent être déclarées de façon classique avec `\usepackage` ou bien avec `\intexgralsetup` dans le préambule.

`invert-limits` `invert-limits=<true | false>`

Cette clé permet d'inverser la convention d'ordre des limites expliquée plus tard. Le document ne peut suivre qu'une seule convention.

`invert-diff` `invert-diff=<true | false>`

mise à jour: v3.0.0

En sciences physiques, il est courant de voir les variables d'intégration placées avant l'intégrande. Cette clé intervertit donc leurs positionnements.

`limits-mode` `limits-mode=<limits | nolimits>`

nouveau: v3.0.0

Applique `\limits` ou `\nolimits` à toutes les intégrales.

`italic` `italic=<true | false>`
`upright` `upright=<true | false>`

mise à jour: v4.0.0

Applique un «d» droit ou italique pour les différentielles.

Remarque : depuis la version v4.0.0, le package *derivative* n'est plus utilisé pour gérer les différentielles. Le nombre d'options y est donc plus restreint mais devrait convenir à la plupart des cas d'usage dans le cadre des intégrales.

2 Présentation de la macro principale

`\integral` `\integral` [(liste de clés)] {intégrande}

mise à jour: v3.0.0

Cette macro est celle qui permet de composer les intégrales. Elle doit naturellement être utilisée en mode mathématique uniquement. En voici un premier exemple sous sa forme la plus simple :

```
\begin{equation}
\integral{x}
\end{equation}
```

$$\int x \, dx \tag{1}$$

Puisque cette macro est axée autour de l'utilisation de clés, la première partie de cette documentation les présentera en les regroupant par domaines. La seconde partie quant à elle introduira les quelques macros annexes qui viennent compléter l'usage de certaines clés. Le reste de ce document exposera les autres fonctionnalités du package.

3 Liste des clés

3.1 Bornes d'intégration

3.1.1 Définir les bornes

limits `limits= {⟨liste-mixte⟩}, ⟨mot-clé⟩`
limits* `limits*= {⟨liste-mixte⟩}, ⟨mot-clé⟩`

Cette clé détermine les bornes d'intégration à utiliser. Sous sa forme la plus simple, la valeur de la clé prend comme argument une liste d'éléments séparés par une virgule (*comma-separated values* ou `⟨csv-list⟩`). Cette simplification de la saisie impose notamment de fixer une convention : le premier et deuxième élément de la liste correspondront à la borne inférieure et supérieure respectivement. Cette convention peut être inversée à l'aide d'`invert-limits` vu en section 1.

```
\begin{equation}
  \integral[limits={1, 10}]{f(x)}
\end{equation}
```

$$\int_1^{10} f(x) \, dx \quad (2)$$

L'avantage notable de la clé `limits` est qu'on peut lui spécifier les bornes de plusieurs intégrales, et le package compose automatiquement les symboles correspondants. Pour séparer les paires de bornes, il faut utiliser le point-virgule (*semicolon-separated values* ou `⟨ssv-list⟩`¹).

```
\begin{equation}
  \integral[limits={1, 2; 3, 4}, variables={x, y}]{f(x, y)}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 \int_3^4 f(x, y) \, dx \, dy \quad (3)$$

Il est également possible de renseigner des bornes prédéfinies à l'aide de mots-clés (voir sous-sous-section 4.3.1). Enfin, la variante étoilée permet d'exprimer les bornes de l'intégrale sous forme d'intervalle. Le cas échéant, le sens des crochets s'adapte automatiquement à la présence de `±\infty`.

```
\begin{equation}
  \integral[limits*={1, 10}]{f(x)}
\end{equation}
```

1. On entend donc par `⟨liste-mixte⟩` le fait que `limits` puisse accepter un ensemble de `⟨csv-list⟩` dans une `⟨ssv-list⟩` plus globale.

$$\int_{[1,10]} f(x) \, dx \quad (4)$$

3.1.2 Modifier le style

limits-mode `limits-mode=\langle \text{limits} | \text{nolimits} \rangle`

nouveau: v4.1.0 Clé homonyme de celle vue en section 1, qui permet de modifier le style ponctuellement plutôt que globalement.

3.2 Modes d’affichage

mode `mode=\langle \text{default} | \text{nested} | \text{product} \rangle`

nouveau: v3.0.0 *Uniquement* lorsque la clé `limits` est employée, il est possible d’alterner entre trois styles d’affichage distincts. Chacun d’entre eux est entièrement compatible avec l’option `invert-diff`.

default Compose l’ensemble des symboles, puis l’intégrande, puis les variables d’intégration. La macro opérant par défaut dans ce mode, il n’est donc pas nécessaire d’utiliser la clé avec cette valeur.

nested Compose une intégrale *imbriquée* où symbole et intégrande alternent avant que toutes les variables d’intégration soient écrites.

product Compose un produit d’intégrales où symbole, intégrande et variables d’intégration alternent.

Bien sûr, rien ne vous empêche pour le mode produit d’utiliser plusieurs fois la macro `\integral` d’affilée pour produire le même résultat que dans l’exemple ci-dessous. Pour celles et ceux qui préféreraient cependant obtenir le résultat avec une seule macro, cette méthode est permise.

Important : pour les deux derniers modes, l’intégrande devra être *découpée*. Afin de correctement effectuer cette action, il faut avoir recours à la même méthode qu’avec `limits`, c’est-à-dire en employant le point-virgule.

MODE **default**

```
\begin{equation}
  \integral[limits={1, 2; 3, 4; 5, 6}, variables={x, y, z}, mode=default]{xyz}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 \int_3^4 \int_5^6 xyz \, dx \, dy \, dz \quad (5)$$

MODE **nested**

```
\begin{equation}
  \integral[limits={1, 2; 3, 4; 5, 6}, variables={z, y, x}, mode=nested]{x;y;z}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 x \int_3^4 y \int_5^6 z \, dz \, dy \, dx \quad (6)$$

MODE **product**

```
\begin{equation}
  \integral[limits={1, 2; 3, 4; 5, 6}, variables={x, y, z}, mode=product]{x;y;z}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 x \, dx \int_3^4 y \, dy \int_5^6 z \, dz \quad (7)$$

Pour bien fonctionner, il est évident que les clés `limits` et `variables` (voir 3.4.1), ainsi que l'intégrande, doivent avoir le même nombre d'éléments.

3.3 Symbole (et encore des bornes)

Les clés `limits(*)` se révèlent très utiles lorsque l'on souhaite composer une intégrale définie. Néanmoins, cela couvre seulement les expressions finales où les bornes de chaque variable ont été spécifiées. Pour des cas plus généraux (les intégrales indéfinies donc) elles sont relativement malcommodes. Par exemple, pour composer une intégrale double sur une surface S , on devrait écrire `limits={, ; S, }`. Il va sans dire que c'est assez mal adapté pour l'utilisateur et peu optimal pour le package. Par ailleurs, le glyphe ne serait pas correct. L'ensemble des clés à suivre propose donc une façon de facilement modifier le symbole ainsi que les bornes.

3.3.1 Sélectionner le symbole

`symbol`

`symbol`=⟨séquence de contrôle⟩

mise à jour: v3.0.0

Cette clé accepte une macro désignant un symbole d'intégration. Tout symbole préalablement défini par une séquence de contrôle est recevable. Si vous tentez d'en utiliser une qui n'est pas définie, elle sera substituée à `\int` et un message d'avertissement sera émis.

Remarque : à part la vérification de l'existence de la macro, aucun contrôle particulier n'est effectué et la valeur de la clé est utilisée telle quelle pour composer le symbole. Ceci implique notamment que le symbole va dépendre de la façon dont il est défini. Par exemple, *amsmath* et *unicode-math* ne définissent pas `\iint` de la même manière. Le résultat sera donc naturellement différent : l'un colle deux `\int` ensemble avec un certain crénage pour définir `\iint`, tandis que l'autre définit le vrai glyphe U+222C.

```
\begin{equation}
  \integral[symbol=\iint, llimit=S, variables={x, y}]{f(x, y)}
\end{equation}
```

$$\iint_S f(x, y) \, dx \, dy \quad (8)$$

3.3.2 Générer plusieurs intégrales

nint `nint=<entier>`

Cette clé accepte un entier n qui permet de composer n intégrales. Il est conseillé d’avoir recours à cette clé seulement si le nombre de symboles dépasse 4 afin de privilégier les glyphes définis par la police mathématique utilisée.

```
\begin{equation}
\integral[nint=5, llimit=\omega, variables={x_1, x_2, x_3, x_4, x_5}]{f(x_1, x_2,
x_3, x_4, x_5)}
\end{equation}
```

$$\iiint\limits_{\Omega} f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) dx_1 dx_2 dx_3 dx_4 dx_5 \quad (9)$$

3.3.3 Définir des bornes ponctuellement

llimit `llimit=<borne inférieure>`
ulimit `ulimit=<borne supérieure>`

mise à jour: v3.0.0

Ces deux clés permettent de spécifier les bornes inférieures et supérieures respectivement. Elles ne sont adaptées que si un seul symbole est affiché. Si vous avez besoin de spécifier les deux bornes, la clé `limits` devra être privilégiée.

```
\begin{equation}
\integral[llimit={x^2 + y^2 \leq 1}, variables={x, y}]{f(x, y)}
\end{equation}
```

$$\int_{x^2+y^2 \leq 1} f(x, y) dx dy \quad (10)$$

3.3.4 Motifs récurrents de bornes

Les bornes suivent parfois des schémas courants qui peuvent se généraliser avec des clés, évitant ainsi de surcharger l’argument de `llimit`.

domain `domain={<*-liste>}`
domain* `domain*={<*-liste>}`

mise à jour: v3.0.0

Ces clés acceptent une liste dont le délimiteur est un astérisque. Ensuite, chaque élément de la liste est analysé de la façon suivante :

- Le premier token de l’item se voit passer `\mathbb` (précédé d’`\uppercase` au cas où la touche SHIFT serait trop loin pour vos doigts).
- Les tokens restants, qui peuvent être vides, sont placés comme exposant (ou en indice pour la variante étoilée de la clé).

```
\begin{equation}
\integral[symbol=\iint, domain={r*r}, variables={x, y}]{xy}
\end{equation}
```

$$\iint_{\mathbb{R} \times \mathbb{R}} xy \, dx \, dy \quad (11)$$

boundary `boundary= {⟨borne inférieure⟩}`

Cette clé place simplement le symbole ∂ avant la borne inférieure.

```
\begin{equation}
\int\limits_{\partial S} G(\vec{r}) \cdot d\vec{r}
\end{equation}
```

$$\oint_{\partial S} G(\vec{r}) \cdot d\vec{r} \quad (12)$$

3.4 Différentielles

3.4.1 Spécifier les variables d'intégration

variables `variables= {⟨liste-csv⟩}, ⟨mot-clé⟩, none`

mise à jour: v3.0.0 Cette clé permet de définir les variables d'intégration sous forme d'une `⟨csv-list⟩`. La clé peut, tout comme `limits`, accepter un mot-clé comme argument. Ce comportement est aussi expliqué plus tard (voir sous-sous-section 4.4.1).

Remarque : si aucune variable n'est renseignée, c'est-à-dire que `variables` n'est pas appelée, le package place automatiquement « dx » (ou « $d\vec{r}$ » si `diff-vec` est actif). De plus, si `none` est passé comme valeur, aucune variable ne sera affichée.

```
\begin{equation}
\int\limits_{variables=t} t^2
\end{equation}
```

$$\int t^2 \, dt \quad (13)$$

3.4.2 Inclure le jacobien

jacobian `jacobian`

Cette clé active l'affichage du jacobien lorsque défini par `\NewVariableKeyword`.

```
\begin{equation}
\int\limits_{limits={0, R; 0, 2\pi; 0, \pi}, variables=spherical, mode=product,
jacobian}{}
\end{equation}
```

$$\int_0^R r^2 \, dr \int_0^{2\pi} \sin \theta \, d\theta \int_0^\pi d\phi \quad (14)$$

3.4.3 Modifier le symbole des différentielles

diff-symb `diff-symb=<séquence de contrôle>`

Cette clé permet de modifier le symbole des différentielles.

```
\begin{equation}
  \int e^{+\frac{i}{\hbar} S[q(t)]} \mathcal{D}q(t)
\end{equation}
```

$$\int e^{+\frac{i}{\hbar} S[q(t)]} \mathcal{D}q(t) \quad (15)$$

3.4.4 Réaliser une intégrale curviligne

diff-vec `diff-vec`

Cette clé applique un vecteur à la variable d'intégration en plus d'un point médian. Elle n'est compatible qu'avec le mode `default`. L'utiliser avec les options `nested` ou `product` n'aura aucun effet.

```
\begin{equation}
  W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{s}
\end{equation}
```

$$W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (16)$$

3.4.5 Ajouter un exposant

diff-order `diff-order=<liste-csv>`

Cette clé place un exposant à chaque différentielle.

```
\begin{equation}
  S[\phi] = \int \mathcal{L}(\phi, \partial_\mu \phi, x^\mu) d^4x
\end{equation}
```

$$S[\phi] = \int \mathcal{L}(\phi, \partial_\mu \phi, x^\mu) d^4x \quad (17)$$

4 Macros annexes

En plus de la large gamme de clés définies par le package, quelques macros viennent également améliorer leurs usages.

4.1 Permuter la position des différentielles

`\invertdiff` `\invertdiff`

nouveau: v4.1.0 Cette macro inverse le statut de l'option `invert-diff`, qu'elle soit initialisée à `true` ou `false`.

```
\invertdiff
\begin{equation}
  \integral{f(x)}
\end{equation}
\invertdiff
\begin{equation}
  \integral[variables=\omega]{f(\omega)}
\end{equation}
```

$$\int dx f(x) \quad (18)$$

$$\int f(\omega) d\omega \quad (19)$$

4.2 Macros contextuelles

Les macros suivantes ont la particularité de devoir être employées dans l'argument d'`\integral`. En dehors de ce contexte, elles renverront un message d'erreur. Elles permettent notamment d'inclure des éléments définis par les clés directement dans l'intégrande.

`\differentials` `\differentials`

Bien que l'option `invert-diff` et la macro `\invertdiff` existent, il est souvent souhaitable de pouvoir placer les différentielles où l'on veut. Par exemple, il est fréquent de les voir au numérateur d'une fraction lorsque celui-ci vaut 1. Pour répondre à ce besoin, le package met à disposition la macro `\differentials`, dont le fonctionnement varie légèrement d'un mode d'affichage à un autre :

- `default` : compose toutes les différentielles d'un coup. Fonctionne avec `invert-diff/\invertdiff`.
- `nested` : compose toutes les différentielles d'un coup. La macro *n'est pas* définie si `invert-diff/\invertdiff` est actif.
- `product` : compose une seule différentielle à la fois. Il faudra donc la répéter entre chaque point-virgule. Fonctionne aussi avec `invert-diff/\invertdiff`.

```
\begin{gather}
  \integral{\frac{\differentials}{x}}{\mid 1cm}
  \langle 0 \mid T\{ \phi(x) \phi(y) \} \mid 0 \rangle = \integral[diff-order=4,
    variables=p]{\frac{\differentials}{(2\pi)^4} \frac{e^{-i p \cdot (x-y)}}{p^2 - m
      ^2 + i \epsilon}}
\end{gather}
```

$$\int \frac{dx}{x} \quad (20)$$

$$\langle 0 | T\{\phi(x)\phi(y)\} | 0 \rangle = \int \frac{d^4p}{(2\pi)^4} \frac{e^{-ip \cdot (x-y)}}{p^2 - m^2 + i\epsilon} \quad (21)$$

`\jacobian` `\jacobian`

nouveau: v4.2.0

Tout comme pour `\differentials`, cette macro vous laisse choisir l'emplacement du jacobien au sein de l'intégrande. Son fonctionnement dépend aussi du mode d'affichage choisi :

- `default` : compose le jacobien en entier.
- `nested` : compose un seul élément du jacobien à la fois, où bien en entier si `invert-diff/\invertdiff` est actif
- `product` : compose un seul élément du jacobien à la fois.

`\variables` `\variables`

nouveau: v4.2.0

Cette macro permet de composer les variables telles que définies par `variables`, vous évitant ainsi de devoir manuellement les réécrire dans l'intégrande si elles sont amenées à être modifiées.

```
\begin{equation}
  \integral[triple=V, variables={x, y, z}]{f(\variables)}
\end{equation}
```

$$\iiint_V f(x, y, z) dx dy dz \quad (22)$$

4.3 Retour sur la clé *limits*

4.3.1 Définir un mot-clé

`\NewLimitsKeyword` `\NewLimitsKeyword {<mot-clé>} {<bornes>}`
`\RenewLimitsKeyword`
`\ProvideLimitsKeyword`
`\DeclareLimitsKeyword`

mise à jour: v4.0.0

Il est courant de devoir renseigner les mêmes bornes dans une intégrale. Pour faciliter leur écriture, les clés `limits(*)` acceptent, en plus des bornes explicites, un mot-clé en désignant une paire prédéfinie par l'une de ces quatre macros :

- `\NewLimitsKeyword` Crée un nouveau mot-clé et émet une erreur s'il existe déjà.
- `\RenewLimitsKeyword` Redéfinit un mot-clé et émet une erreur s'il n'existe pas déjà.

- `\ProvideLimitsKeyword` Ne crée un nouveau mot-clé que s’il n’existe pas déjà. Aucun message ne sera émis le cas échéant.
- `\DeclareLimitsKeyword` Crée un nouveau mot-clé quoi qu’il en soit, écrasant toute définition préalable.

La saisie d’un nouveau mot-clé devra se faire dans le respect de la convention d’ordre des bornes. Vous pouvez ainsi écrire :

```
\usepackage{intexgral}
\NewLimitsKeyword{key1}{A, B}
\intexgralsetup{invert-limits=true}
\NewLimitsKeyword{key2}{B, A}
```

`key1` et `key2` produiront alors la même intégrale. Voici la liste des mots-clés déjà définis par le package et les bornes qu’ils contiennent :

<code>ab</code>	a, b
<code>unit</code>	$0, 1$
<code>real</code>	$-\infty, +\infty$
<code>positive</code>	$0, +\infty$
<code>negative</code>	$-\infty, 0$
<code>circle</code>	$0, 2\pi$
<code>scircle</code>	$0, \pi$
<code>qcircle</code>	$0, \pi/2$
<code>height</code>	$0, H$
<code>radius</code>	$0, R$
<code>length</code>	$0, L$
<code>time</code>	$0, T$

Remarque : les mots-clés contiennent les *deux* bornes d’une intégrale en même temps. Ils doivent donc être précédés et/ou suivis de point-virgule.

On pourrait donc modifier l’expression d’une intégrale de la façon suivante :

```
\begin{equation}
\integral[limits={height;circle;radius}, variables={\rho, \theta, z}]{\rho}
\end{equation}
```

$$\int_0^H \int_0^{2\pi} \int_0^R \rho \, d\rho \, d\theta \, dz \quad (23)$$

Il est tout à fait possible de mélanger ces mots-clés avec la syntaxe plus explicite de `limits`.

```
\begin{equation}
\integral[limits={height;0,W;length}, variables={x, y, z}]{\kappa(T)\nabla T \cdot \mathbf{n}}
\end{equation}
```

$$\int_0^H \int_0^W \int_0^L \kappa(T) \nabla T \cdot \mathbf{n} \, dx \, dy \, dz \quad (24)$$

4.3.2 Saisir des bornes symétriques

limits `limits= {⟨+-limite⟩}`

nouveau: v4.1.0 Lorsque des bornes symétriques doivent être renseignées, le package peut les identifier à l'aide d'une syntaxe propre à la clé `limits`. Pour ce faire, il suffira d'insérer les tokens `+-` avant la borne concernée.

Remarque : la même remarque que ci-dessus s'applique. De plus, cette syntaxe *n'est pas* compatible avec les mots-clés vus juste avant. Le but est de permettre la saisie de bornes symétriques occasionnelles qui ne justifient pas entièrement la création d'un mot-clé pour une seule utilisation.

```
\begin{equation}
  a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cos(x) dx
\end{equation}
```

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cos(x) dx \quad (25)$$

4.4 Retour sur la clé *variables*

4.4.1 Définir un mot-clé

`\NewVariableKeyword` `\NewVariableKeyword {⟨mot-clé⟩} {⟨variables⟩} [⟨jacobien⟩]`
`\RenewVariableKeyword`
`\ProvideVariableKeyword`
`\DeclareVariableKeyword`

mise à jour: v4.0.0

Tout comme pour les limites, les mêmes groupes de variables réapparaissent souvent. On peut donc également définir des mots-clés contenant un ensemble de variables d'intégration préenregistrées. Les variantes de cette macro ont le même comportement que pour `\NewLimitsKeyword`. La seule différence est qu'il est ici possible de définir un jacobien, sous forme d'une `⟨csv-list⟩` si besoin. Son affichage est ensuite contrôlé par la clé `jacobian` expliquée précédemment. Voici la liste des mots-clés de variables déjà définis par le package, avec le jacobien pour certains :

`cartesian` x, y, z
`planar` x, y
`polar` $r, \theta(r)$
`cylindrical` $r, \theta, z(r)$
`cylindrical*` $\rho, \theta, z(\rho)$
`spherical` $r, \theta, \phi(r^2, \sin \theta)$

```
\begin{equation}
  \iiint_{triple=V, variables=spherical} f(r, \theta, \phi)
\end{equation}
```

$$\iiint_V f(r, \theta, \phi) dr d\theta d\phi \quad (26)$$

4.5 Retour sur la clé *symbol*

```
\NewSymbolKeyword \NewSymbolKeyword {<clé>} {<symbole>}
\RenewSymbolKeyword
\ProvideSymbolKeyword
\DeclareSymbolKeyword
```

nouveau: v3.0.0

Afin de composer des intégrales indéfinies, le package offre essentiellement deux clés : `symbol` et `llimit`. Bien qu'elles soient simples d'utilisation, il demeure toujours laborieux de les écrire toutes les deux avec leurs valeurs. C'est pourquoi *intexgral* met à disposition des clés dites *raccourcies*, dont le but est de combiner l'action de sélection du symbole et des bornes. Contrairement aux deux macros précédentes, il s'agit ici de créer de toutes nouvelles clés, et non simplement des valeurs spécifiques qui leur sont attribuées à `symbol`. Toutes seules, ces clés modifient le symbole intégral. La valeur de ces clés correspondra elle à la borne inférieure. Voici la liste de l'ensemble des *clés-symbole* définie par le package :

<code>single</code>	symbole utilisé = <code>\int</code>
<code>double</code>	symbole utilisé = <code>\iint</code>
<code>triple</code>	symbole utilisé = <code>\iiint</code>
<code>quadruple</code>	symbole utilisé = <code>\iiiiint</code>
<code>contour</code>	symbole utilisé = <code>\oint</code>
<code>surface</code>	symbole utilisé = <code>\oiint</code>
<code>volume</code>	symbole utilisé = <code>\oiiint</code>

Important : offrir la possibilité de créer soi-même une clé à la macro `\integral` représente un risque qui sera mieux expliqué dans la prochaine section. Retenez pour l'instant que toutes ces macros émettront un message d'avertissement si vous tentez de créer une nouvelle *clé-symbole* portant le même nom qu'un groupe de bornes définies.

```
\begin{gather}
\integral[double=S, variables=planar]{f(x, y)}\[1cm]
\integral[contour=\mathcal{C}, diff-vec]{f(\vec r)}
\end{gather}
```

$$\iint_S f(x, y) \, dx \, dy \quad (27)$$

$$\oint_{\mathcal{C}} f(\vec{r}) \cdot d\vec{r} \quad (28)$$

5 Syntaxe spéciale

5.1 Présentation de la syntaxe

`\integral` `[\limits:variables(+j):mode]` `{\intégrande}`

nouveau: v3.0.0

En ce qui concerne les intégrales définies, l'utilisateur sera amené à employer au maximum quatre clés pour les composer : `limits`, `variables`, `mode` et `jacobian`. On peut néanmoins leur reprocher la même chose qu'avant ; écrire ces quatre clés, pouvant recevoir des arguments assez longs, va à l'encontre de l'objectif principal de ce package. Ainsi, l'utilisateur peut désigner comme argument optionnel d'`\integral`, une syntaxe dite *spéciale* qui n'est propre qu'à `intexgral`. La logique est la suivante :

- Vous spécifiez un argument *valide* de la clé `limits`
- Vous spécifiez un argument *valide* de la clé `variables`
- Vous spécifiez un argument *valide* de la clé `mode`
- Et vous séparez le tout d'un deux-points.

Voyons un exemple pour mieux comprendre.

```
\begin{equation}
  \integral[1, 2; 4, 5:y, x:nested]{x; y}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 x \int_4^5 y \, dy \, dx \quad (29)$$

On entend par *argument valide* le fait que toutes les formes de valeurs acceptées par les quatre clés peuvent être pareillement adoptées par la syntaxe spéciale. Cela comprend donc les mots-clés.

```
\begin{equation}
  \integral[radius;circle;scircle:spherical:product]{r;\theta;\phi}
\end{equation}
```

$$\int_0^R r \, dr \int_0^{2\pi} \theta \, d\theta \int_0^\pi \phi \, d\phi \quad (30)$$

Afin d'inclure le jacobien, il suffit d'écrire `+j` après l'argument de `variables`. Le mode peut aussi être indiqué à l'aide d'une initiale seulement.

```
\begin{equation}
  \integral[radius;circle;scircle:spherical+j:p]{;};
\end{equation}
```

$$\int_0^R r^2 \, dr \int_0^{2\pi} \sin \theta \, d\theta \int_0^\pi d\phi \quad (31)$$

Il est important de répéter que dans la configuration classique de l'argument optionnel, il n'est bien sûr pas obligatoire de renseigner les quatre clés citées. Il en va de

même pour cette syntaxe. Puisque la clé `mode` n'est pas nécessaire pour `default`, cette partie peut être omise.

```
\begin{equation}
  \integral[1, 2; 3, 4:x, y]{xy}
\end{equation}
```

$$\int_1^2 \int_3^4 xy \, dx \, dy \quad (32)$$

Vous pouvez aussi toujours profiter du placement automatique du « dx » avec cette syntaxe en faisant abstraction de `variables`.

```
\begin{equation}
  \integral[1, 10]{x}
\end{equation}
```

$$\int_1^{10} x \, dx \quad (33)$$

Un cas particulier notable de cette syntaxe spéciale est que si vous souhaitez modifier la variable sans spécifier les bornes, vous pouvez effectuer cette action plus rapidement de la façon suivante :

```
\begin{equation}
  \integral[:z]{f(z)}
\end{equation}
```

$$\int f(z) \, dz \quad (34)$$

Même si elle n'est pas recommandée.

5.2 Fonctionnement de la syntaxe

Du point de vue de l'utilisateur, il est relativement simple de choisir quelle syntaxe adopter. Toutefois, le package doit pouvoir distinguer les deux. Sans trop rentrer dans les détails² de l'implémentation, il est porté à votre attention que le package tente d'extraire la première clé de l'argument optionnel³ et vérifie si elle existe. C'est pourquoi, si vous créez une clé avec `\NewSymbolKeyword` dont le nom pourra probablement servir de borne d'intégration, `intexgral` peut faussement évaluer la nature de l'argument optionnel. Dans ce genre de situation, l'interprétation des clés sera erronée et le résultat incorrect.

2. Les plus courageux d'entre vous sont tout de même invités à lire le code source.

3. Ou du moins, le groupe de tokens qu'il pense correspondre à une clé.

6 Paramètres annexes

\IntegralSetup `\IntegralSetup {⟨liste de paramètres⟩}`

nouveau: v3.0.0
mise à jour: v4.0.0

Cette macro permet, sous la syntaxe `⟨clé=valeur⟩`, de modifier des paramètres liés à certaines clés. Toutes les assignations effectuées sont locales et la macro peut donc être placée dans un groupe si besoin. Voici un exemple de la macro avec les assignations par défaut du package :

```
\IntegralSetup{
  diff-symb      = \l_@@_default_differential_symbol_tl, % voir au début de l'implé
    mentation
  defaultvar     = {x},
  defaultvar*    = {r},
  varsep        = \thinmuskip,
  diffsep        = \thinmuskip,
  innersymbsep   = {-5mu},
  postsymbsep    = {-1mu},
  jacobiansep    = {0mu},
  vectorstyle    = \vec,
  domainstyle    = \mathbb,
  novar          = false
}
```

diff-symb `diff-symb=⟨séquence de contrôle⟩`

nouveau: v4.0.0

Cette clé contrôle le symbole utilisé pour les différentielles. Si l'option `italic` est utilisée, `\mathnormal` est appliqué (voir au début de l'implémentation). Contrairement à la clé homonyme de `\integral`, celle-ci agit à un niveau plus global.

defaultvar `defaultvar={⟨variables⟩}`

defaultvar*

nouveau: v3.0.0

Cette clé modifie la variable d'intégration insérée automatiquement lorsque `variables` n'est pas utilisée. L'argument peut tout à fait correspondre à un mot clé défini par `\NewVariableKeyword`. La variante étoilée de la clé contrôle la variable d'intégration à composer avec `diff-vec`.

varsep `varsep=⟨muexpr⟩`

nouveau: v4.0.0

Cette clé modifie l'espacement entre l'intégrande (ou le jacobien s'il est affiché) et les variables.

diffsep `diffsep=⟨muexpr⟩`

nouveau: v4.0.0

Cette clé modifie l'espacement entre les différentielles elles-mêmes.

innersymbsep `innersymbsep=⟨muexpr⟩`

nouveau: v4.0.0

Lorsque le mode `default` est en vigueur, c'est-à-dire que la clé `limits` est utilisée, le package insère un crénage entre les symboles pour légèrement les rapprocher. Cette clé permet donc de régler cet espacement.

postsymbsep `postsymbsep=⟨muexpr⟩`

nouveau: v4.0.0

Cette clé contrôle l'espacement entre le symbole et l'élément qui suit (intégrande ou différentielle selon `invert-limits`).

jacobiansep `jacobiansep=⟨muexpr⟩`

nouveau: v4.2.0

Cette clé contrôle l'espacement entre l'intégrande et le jacobien.

vectorstyle	<code>vectorstyle=</code> $\langle$ séquence de contrôle $\rangle$
nouveau: v3.0.0	Cette clé modifie la macro à appliquer aux variables quand <code>diff-vec</code> est en action. Il est donc possible d'altérer le style du vecteur : gras, souligné, ou même un autre style d'un package particulier, <code>esvect</code> par exemple.
domainstyle	<code>domainstyle=</code> $\langle$ séquence de contrôle $\rangle$
nouveau: v3.0.0	Semblablement, on peut changer la macro à appliquer pour les clés <code>domain(*)</code> .
novar	<code>novar=</code> $\langle$ true false $\rangle$
nouveau: v3.0.0 mise à jour: v4.0.0	Lorsqu'une large partie du document nécessite de ne pas inclure les différentielles, il est possible de prolonger dans la durée l'action plus ponctuelle de <code>variables=none</code> .

Historique des modifications

4.2.0 (10-09-2026)

Ajouté

- ▶ Clé `jacobiansep`.
- ▶ Macros `\jacobian` et `\variables`.

4.1.1 (01-08-2026)

Corrigé

- ▶ Bug avec `\differentials` utilisé avec le mode `product` (problème #14).
- ▶ Bug avec `\RenewSymbolKeyword` et `\DeclareSymbolKeyword` (problème #15).
- ▶ Bug avec `\RenewVariableKeyword` et `\DeclareVariableKeyword` (problème #17).

4.1.0 (27-07-2026)

Ajouté

- ▶ Clé `limits-mode` pour `\integral`.
- ▶ Macro `\invertdiff`.
- ▶ Syntaxe `+-` pour les limites.

Modifié

- ▶ Optimisation du code source.

4.0.0 (06-06-2026)

Ajouté

- ▶ Implémentation détaillée.
- ▶ Clés `varsep`, `diffsep`, `postsymbsep` et `diff-order`.
- ▶ Mot-clé de variable `cylindrical*`.

Modifié

- ▶ Le package `derivative` n'est plus une dépendance. Les différentielles sont maintenant gérées de façon interne.
- ▶ Clé `symbolskip`, renommée en `innersymbsep`.
- ▶ Clé `hide-diff`, renommée en `novar`.

Supprimé

- ▶ Clés `diff-star` et `diff-options`.

3.0.1 (02-01-2026)

Corrigé

- ▶ Bug avec le jacobien dans la syntaxe spéciale (problème #3).
- ▶ Documentation anglaise et française (problème #4, problème #6 et problème #7).

Modifié

- Les mots-clés `positive` et `real` contiennent maintenant un signe + ([problème #5](#)).

3.0.0 (24-12-2025)

Ajouté

- Syntaxe spéciale.
- Clés `domain*` et `mode`.
- Macros `\IntegralSetup` et `\NewSymbolKeyword`.

Supprimé

- Macros `\defaultdiff`, `\defaultvdiff` et `\vdiffstyle` en faveur de `\IntegralSetup`.
- Clés contrôlant symbole et borne, maintenant gérées à un plus haut niveau avec `\NewSymbolKeyword`.
- Clé `int-split`, en faveur de `mode`.
- Macro `\NewIntegralSymbol`.

Modifié

- Les noms de quelques clés (`variable` en `variables`, `lower-lim` et `upper-lim` en `llimit` et `ulimit`, `int-symb` en `symbol`, `invert-differentials` et `hide-differentials` en `invert-diff` et `hide-diff`).
- `jacobian` et `diff-star` ne nécessitent plus de valeur booléenne. Il suffit maintenant de les écrire pour activer leurs fonctionnalités.
- `hide-diff` attribué à une option locale plutôt qu'à une option de package.
- `limits-mode` attribué à une option de package plutôt qu'à une clé de macro.

2.0.1 (13-09-2025)

Corrigé

- Problème de compatibilité entre `unicode-math` et `amssymb` selon l'ordre de chargement ([problème #2](#)).

2.0.0 (09-09-2025)

Ajouté

- Macros `\intexgralsetup`, `\defaultdiff`, `\defaultvdiff` et `\vdiffstyle`.

Modifié

- Messages d'avertissement liés aux symboles non-existants. Ils ne sont maintenant provoqués que lorsque l'intégrale est composée.

Supprimé

- Clé `diff-vec-style` en faveur de `\vdiffstyle`.
- Message d'avertissement lié à la mauvaise utilisation des points-virgules en conjonction avec la clé `int-split`.

Corrigé

- Bug où l'intégrande n'était pas réinitialisée lorsque `\integral` était employée successivement dans le même groupe T_EX ([détails ici](#)).
- Des restes de log `exp13` qui n'auraient pas dû être là.

1.1.0 (29-07-2025)

Ajouté

- Variantes étoilées pour les clés contrôlant symbole et borne (clés `single`, `contour` etc).

1.0.0 (26-07-2025) — Version initiale.

PARTIE II

IMPLÉMENTATION

1 Initialisation

```
1 <*package>
2 <@@=intexgral>
```

1.1 Déclaration du package

```
3 \NeedsTeXFormat{LaTeX2e}
4 \RequirePackage{expl3}[2025-05-14]
5
6 \def\intexgral@module{intexgral}
7 \def\intexgral@version{4.2.0}
8 \def\intexgral@date{2026-09-10}
9 \def\intexgral@description{A LaTeX package for typesetting integrals}
10
11 \ProvidesExplPackage
12   \intexgral@module
13   \intexgral@date
14   \intexgral@version
15   \intexgral@description
```

1.2 Vérifications préliminaires

On vérifie que la version d'expl3 soit suffisamment récente avant de poursuivre. Le package requiert la macro `\tl_if_regex_match:nnTF` disponible à partir de décembre 2024.

```
16 \msg_new:nnn { intexgral } { expl3-too-old }
17 {
18   Your~expl3~installation~is~too~old,~
19   "intexgral"~requires~expl3~dated~2024-12-08~or~later.\iow_newline:
20   Package~loading~has~been~aborted.\iow_newline:
21   \msg_see_documentation_text:n { intexgral }
22 }
23
24 \@ifpackagelater{expl3}{2024-12-08}{}
25 { \msg_critical:nn { intexgral } { expl3-too-old } }
```

Puisqu'*intexgral* utilise `\mathbb` pour les clés `domain(*)`, on doit s'assurer que la macro existe. La vérification est placée dans un *hook* exécuté au début du document au cas où *amsfonts* ou tout package définissant `\mathbb` serait chargé après *intexgral*. Cela sert notamment à éviter les conflits entre packages (*unicode-math* et *amssymb* par exemple).

```
26 \hook_gput_code:nnn { begindocument/before } { . }
27 { \cs_if_exist:Nf \mathbb { \RequirePackage{amsfonts} } }
```


2 Options de package

2.1 Définition des variables

`\l_@@_invert_limits_bool`

Booléen servant à inverser la convention d'ordre des bornes.

```
28 \bool_new:N \l__intexgral_invert_limits_bool
```

`\l_@@_deactivate_variables_bool`

Détermine si les différentielles doivent être affichées ou non.

```
29 \bool_new:N \l__intexgral_deactivate_variables_bool
```

`\l_@@_invert_differential_bool`

Détermine l'ordre d'affichage des différentielles.

```
30 \bool_new:N \l__intexgral_invert_differential_bool
```

`\l_@@_default_differential_symbol_tl`

Contient le symbole par défaut pour les différentielles.

```
31 \tl_new:N \l__intexgral_default_differential_symbol_tl
```

`\l_@@_limits_style_tl`

Contient la primitive $\TeX$ à utiliser pour le style des bornes.

```
32 \tl_new:N \l__intexgral_limits_style_tl
```

2.2 Déclaration des options

On peut dès à présent définir les options de package avant de les charger.

```
33 \keys_define:nn { intexgral }
34 {
35     invert-limits .bool_set:N = \l__intexgral_invert_limits_bool,
36     invert-limits .usage:n    = { preamble },
37     invert-limits .initial:n  = { false },
38
39     invert-diff .bool_set:N = \l__intexgral_invert_differential_bool,
40     invert-diff .usage:n    = { preamble },
41     invert-diff .initial:n  = { false },
42
43     limits-mode .choice:,
44     limits-mode / limits .code:n =
45         { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_limits_style_tl \tex_limits:D },
46     limits-mode / nolimits .code:n =
47         { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_limits_style_tl \tex_nolimits:D },
48
49     limits-mode .usage:n    = { preamble },
50     limits-mode .initial:n  = { nolimits },
51
52     italic .choice:,
53     italic / true .code:n =
54         {
55             \tl_set:Nn \l__intexgral_default_differential_symbol_tl
```

```

56         { \mathnormal{d} }
57     },
58     italic / false .code:n =
59     {
60         \tl_set:Nn \l__intexgral_default_differential_symbol_tl
61         { \mathrm{d} }
62     },
63     italic .usage:n = { preamble },
64     italic .initial:n = { false },
65
66     upright .choice:,
67     upright / true .code:n =
68     {
69         \tl_set:Nn \l__intexgral_default_differential_symbol_tl
70         { \mathrm{d} }
71     },
72     upright / false .code:n =
73     {
74         \tl_set:Nn \l__intexgral_default_differential_symbol_tl
75         { \mathnormal{d} }
76     },
77     upright .usage:n = { preamble },
78     upright .initial:n = { true }
79 }
80
81 \ProcessKeyOptions[intexgral]

```

3 Messages

La partie suivante de l'implémentation définit l'ensemble des messages d'avertissement et d'erreur.

`\g_@@_integral_number_int`

On commence par créer un compteur global servant à numéroté les intégrales composées dans le document.

```
82 \int_gzero_new:N \g__intexgral_integral_number_int
```

`\@@_warning_msg_header: ★`

On peut dès lors définir une macro servant d'en-tête aux messages d'avertissement. Celle-ci inclut le compteur vu juste avant.

```

83 \cs_new:Nn \__intexgral_warning_msg_header: {
84     (
85         integral~no.~
86         \int_use:N\g__intexgral_integral_number_int\c_space_tl
87         \msg_line_context:
88     )
89     \iow_newline:
90 }

```

Tous les messages sont maintenant définis.

```

91 \msg_new:nnnn { intexgral } { symb-key-alr-def }
92 { Symbol~key~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~already~defined. }
93 { Use~\token_to_str:N \RenewSymbolKeyword\ instead. }
94

```

```

95 \msg_new:nnnn { intexgral } { symb-key-not-def }
96   { Symbol~key~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~not~defined. }
97   { Use~\token_to_str:N \NewSymbolKeyword\ instead. }
98
99 \msg_new:nnnn { intexgral } { diff-group-alr-def }
100  { Differential~group~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~already~defined. }
101  { Use~\token_to_str:N \RenewVarKeyword\ instead. }
102
103 \msg_new:nnnn { intexgral } { diff-group-not-def }
104  { Differential~group~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~not~defined. }
105  { Use~\token_to_str:N \NewVarKeyword\ instead. }
106
107 \msg_new:nnnn { intexgral } { lim-group-alr-def }
108  { Limits~group~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~already~defined. }
109  { Use~\token_to_str:N \RenewLimitsKeyword\ instead. }
110
111 \msg_new:nnnn { intexgral } { lim-group-not-def }
112  { Limits~group~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~is~not~defined. }
113  { Use~\NewLimitsKeyword\ instead. }
114
115 \msg_new:nnn { intexgral } { key-exists-for-lim }
116   {
117     Symbol~key~already~defined~with~
118     \token_to_str:N \NewLimitsKeyword\ \__intexgral_warning_msg_header:
119     Key~"#1"~already~exists~for~predefined~limits.~
120     This~can~disrupt~the~functioning~of~the~special~syntax.
121   }
122
123 \msg_new:nnn { intexgral } { unknown-symb }
124   {
125     Unknown~integral~symbol~\__intexgral_warning_msg_header:
126     The~symbol~"\tl_trim_spaces:n{#1}"~has~been~replaced~with~
127     \token_to_str:N\int.
128   }
129
130 \msg_new:nnn { intexgral } { no-jacobian }
131   {
132     Jacobian~unavailable~\__intexgral_warning_msg_header:
133     A~Jacobian~was~requested~for~the~"#1"~keyword,
134     ~but~none~was~declared~for~the~latter.
135   }
136
137 \msg_new:nnn { intexgral } { use-glyph-instead }
138   {
139     Consider~using~the~dedicated~glyph~\__intexgral_warning_msg_header:
140     The~key~"nint"~was~used~with~fewer~than~
141     5~regular~integral~signs.
142   }
143
144 \msg_new:nnn { intexgral } { differentials-outside }
145   { \cs_to_str:N\differentials~cannot~appear~outside~of~an~integral. }
146
147 \msg_new:nnn { intexgral } { jacobian-outside }
148   { \cs_to_str:N\jacobian~cannot~appear~outside~of~an~integral. }
149
150 \msg_new:nnn { intexgral } { variables-outside }
151   { \cs_to_str:N\variables~cannot~appear~outside~of~an~integral. }

```

4 Variantes utiles

```
\str_if_eq:neTF
\str_if_eq:neF
\keys_if_exist:nVTF
\seq_use:Ne
\str_if_eq_p:en
\prop_gput:Nne
\seq_gset_split:cnn
\seq_set_split:Nnf
```

```
152 \cs_generate_variant:Nn \str_if_eq:nnTF { neTF }
153 \cs_generate_variant:Nn \str_if_eq:nnF { neF }
154 \cs_generate_variant:Nn \keys_if_exist:nnTF { nVTF }
155 \cs_generate_variant:Nn \seq_use:Nn { Ne }
156 \cs_generate_variant:Nn \str_if_eq_p:nn { en }
157 \cs_generate_variant:Nn \prop_gput:Nnn { Nne }
158 \cs_generate_variant:Nn \seq_gset_split:Nnn { cnn }
159 \cs_generate_variant:Nn \seq_set_split:Nnn { Nnf }
```

5 Variables internes

5.1 Tokens

```
\l_@@_integrand_tl
```

Token contenant l'intégrande. Il est utilisé tel quel pour le mode `default` tandis que pour les autres modes, il est séparé ultérieurement en une séquence.

```
160 \tl_new:N \l__intexgral_integrand_tl
```

```
\l_@@_integral_symbol_tl
```

Token contenant le symbole de l'intégrale. Lorsque non modifié par la clé `symbol`, il faut que le token soit tout de même initialisé à `\int`.

```
161 \tl_new:N \l__intexgral_integral_symbol_tl
162 \tl_set_eq:NN \l__intexgral_integral_symbol_tl \int
```

```
\l_@@_lower_limit_tl
```

```
\l_@@_upper_limit_tl
```

Tokens contenant les bornes d'intégration.

```
163 \tl_new:N \l__intexgral_lower_limit_tl
164 \tl_new:N \l__intexgral_upper_limit_tl
```

```
\l_@@_differential_symbol_tl
```

Token contenant le symbole des différentielles. Il contient `\l_@@_default_differential_symbol_tl`.

```
165 \tl_new:N \l__intexgral_differential_symbol_tl
```

```
\l_@@_vectorial_differential_style_tl
```

```
\l_@@_domain_style_tl
```

Tokens contenant les macros à appliquer aux clés `diff-vec` et `domain(*)`.

```
166 \tl_new:N \l__intexgral_vectorial_differential_style_tl
167 \tl_new:N \l__intexgral_domain_style_tl
```

`\l_@@_domain_char_tl`
`\l_@@_domain_dimension_tl`

Tokens utilisés pour stocker respectivement le caractère et la dimension d'un domaine d'intégration.

```
168 \tl_new:N \l__intexgral_domain_char_tl
169 \tl_new:N \l__intexgral_domain_dimension_tl
```

`\c_@@_left_bracket_tl`
`\c_@@_right_bracket_tl`

Tokens constants pour la clé `limits*`.

```
170 \tl_const:Nn \c__intexgral_left_bracket_tl { [ }
171 \tl_const:Nn \c__intexgral_right_bracket_tl { ] }
```

`\l_@@_key_name_tl`

Token contenant le potentiel nom d'une clé, utilisé pour différencier la syntaxe `<clé=valeur>` de la syntaxe spéciale.

```
172 \tl_new:N \l__intexgral_key_name_tl
```

5.2 Booléens

`\l_@@_manual_differential_bool`

Booléen servant à déterminer si les différentielles et le jacobien sont insérés par le biais de `\differentials/``\jacobian`.

```
173 \bool_new:N \l__intexgral_manual_differential_bool
174 \bool_new:N \l__intexgral_manual_jacobian_bool
```

`\l_@@_custom_variables_bool`

Booléen servant à déterminer si les variables sont définies avec `variables`.

```
175 \bool_new:N \l__intexgral_custom_variables_bool
```

`\l_@@_separate_integral_bool`

Booléen servant à déterminer si l'intégrale est *séparée* en plusieurs parties, c'est-à-dire si les modes `nested` ou `product` sont en vigueur.

```
176 \bool_new:N \l__intexgral_separate_integral_bool
```

`\l_@@_vectorial_differential_bool`

Booléen décidant s'il faut appliquer des vecteurs aux différentielles.

```
177 \bool_new:N \l__intexgral_vectorial_differential_bool
```

`\l_@@_jacobian_bool`

Booléen décidant s'il faut afficher le jacobien ou non.

```
178 \bool_new:N \l__intexgral_jacobian_bool
```

5.3 Séquences et clists

`\l_@@_domain_seq`

Séquence contenant les domaines d'intégration et leurs dimensions (les séquences principales seront expliquées plus tard).

```
179 \seq_new:N \l__intexgral_domain_seq
```

`\l__intexgral_default_variables_seq`

`\l__intexgral_default_vectorial_variables_seq`

Séquences contenant les variables par défaut, utilisées lorsque la clé `variables` n'est pas renseignée.

```
180 \seq_new:N \l__intexgral_default_variables_seq
```

```
181 \seq_new:N \l__intexgral_default_vectorial_variables_seq
```

`\l_@@_differential_order_clist`

Liste contenant les puissances des différentielles (clist et non séquence car `.seq_set:N` n'existe pas pour les clés).

```
182 \clist_new:N \l__intexgral_differential_order_clist
```

5.4 Liste de propriétés

`\g_@@_limits_keyword_prop`

`\g_@@_differential_group_keyword_prop`

Une liste de propriété est créée pour stocker d'un côté les mots clés propres aux bornes, et de l'autre, ceux pour les différentielles.

```
183 \prop_new:N \g__intexgral_limits_keyword_prop
```

```
184 \prop_new:N \g__intexgral_differential_group_keyword_prop
```

5.5 Muskip

```
\l_@@_symbol_inner_sep_muskip  
\l_@@_symbol_post_sep_muskip  
\l_@@_differential_sep_muskip  
\l_@@_variable_sep_muskip  
\l_@@_jacobian_sep_muskip
```

Muskips internes pour stocker les espacements avec respectivement:

1. L'espacement entre les symboles d'intégration lorsque plusieurs sont générés par `limits(*)`.
2. L'espacement qui suit le symbole.
3. L'espacement entre les différentielles lorsque la clé `variables` est utilisée.
4. L'espacement entre les différentielles et l'intégrande.
5. L'espacement entre l'intégrande et le jacobien.

```
185 \muskip_new:N \l__intexgral_symbol_inner_sep_muskip  
186 \muskip_new:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip  
187 \muskip_new:N \l__intexgral_variable_sep_muskip  
188 \muskip_new:N \l__intexgral_differential_sep_muskip  
189 \muskip_new:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
```

5.6 String

```
\l_@@_display_mode_str
```

Variable interne pour stocker le mode d'affichage de l'intégrale. La raison d'utiliser un *string* et non pas un token s'explique par le manque d'un `\tl_case:nnTF`.

```
190 \str_new:N \l__intexgral_display_mode_str
```

6 Macros et séquences auxiliaires

On définit ici les deux primitives TeX `\mkern` et `\mathchoice` avec une syntaxe *expl3*.

```
\@@_mkern:N \@@_mkern:N <muskip>
```

```
191 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_mkern:N #1  
192 { \tex_mkern:D #1 \scan_stop: }
```

```
\@@_mathchoice:nnnn \@@_mathchoice:nnnn {\display style} {\inline style} {\script style}  
{\scriptscript style}
```

```
193 \cs_new_eq:NN \__intexgral_mathchoice:nnnn \mathchoice
```

`\@@_invert_limits:w` `\@@_invert_limits:w` (borne inférieure),(borne supérieure)\q_stop

Macro inversant les limites pour l'option `invert-limits`. L'action est purement développable et plus efficace qu'un `\seq_inverse:N` dans le contexte du package, étant donné qu'au maximum deux éléments sont présents.

```
194 \cs_new:Npn \__intexgral_invert_limits:w #1,#2\q_stop{#2,#1}
```

`\@@_general_integral_symbol:`

On crée une macro qui contient l'expression générale d'une intégrale: symbole, style des bornes, borne inférieure et borne supérieure. Il ne reste plus qu'à assigner les tokens pour composer un symbole complet, et éventuellement répéter la macro pour des intégrales définies sur plusieurs variables.

```
195 \cs_new:Npn \__intexgral_general_integral_symbol:
196 {
197   \l__intexgral_integral_symbol_tl
198   \l__intexgral_limits_style_tl
199   \c_math_subscript_token
200   { \l__intexgral_lower_limit_tl }
201   \c_math_superscript_token
202   { \l__intexgral_upper_limit_tl }
203 }
```

6.1 Séquences principales

Au vu du grand nombre de clés existantes et de combinaisons possibles, il faut judicieusement organiser et stocker les tokens afin de composer l'intégrale finale. L'approche adoptée a été de créer des séquences dédiées à chaque élément d'une intégrale:

`\l_@@_integral_symbol_seq`

Une pour le symbole (ou les symboles, si la clé `limits*` est en usage).

```
204 \seq_new:N \l__intexgral_integral_symbol_seq
```

`\l_@@_integrand_seq`

Une pour l'intégrande (ou les intégrandes, si découpée en plusieurs parties par `nested` ou `product`).

```
205 \seq_new:N \l__intexgral_integrand_seq
```

`\l_@@_jacobian_seq`

Une pour le jacobien.

```
206 \seq_new:N \l__intexgral_jacobian_seq
```

`\l_@@_differential_seq`

Et enfin, une pour les différentielles.

```
207 \seq_new:N \l__intexgral_differential_seq
```

De cette façon, on peut construire l'intégrale finale en jouant sur la façon d'extraire les différents éléments de ces séquences. En voici une illustration plus concrète: Pour une intégrale indéfinie.

$$\boxed{\int\limits_S} \boxed{f(x,y)} \boxed{dx\,dy}$$

Pour une intégrale définie.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline S_1 & S_2 & I_1 & I_2 & D_1 & D_2 \\ \hline \int_a^b & \int_c^d & f(x) & g(y) & dx & dy \\ \hline \end{array}$$

6.2 Séquences subsidiaires

Quelques séquences supplémentaires seront nécessaires durant les étapes intermédiaires qui consisteront à préparer les quatre séquences principales listées ci-dessus.

`\l_@@_variables_seq`

Tout d'abord, une séquence contenant les variables d'intégration.

```
208 \seq_new:N \l__intexgral_variables_seq
```

`\l_@@_limits_seq`

Ensuite, une séquence contenant les paires de limites d'intégration, c'est-à-dire les éléments de la clé `limits` séparés en deux par le point-virgule.

```
209 \seq_new:N \l__intexgral_limits_seq
```

`\l_@@_upper_limits_seq`

`\l_@@_lower_limits_seq`

Deux séquences contenant respectivement les bornes supérieures et inférieures. Ainsi, si la clé `limits` contient les éléments `a`; `b`; `c`; `d` et `e`; `f`, alors la séquence des bornes inférieures contiendra les éléments `a`, `c` et `e`, tandis que celle des bornes supérieures contiendra les éléments `b`, `d` et `f`.

```
210 \seq_new:N \l__intexgral_upper_limits_seq
```

```
211 \seq_new:N \l__intexgral_lower_limits_seq
```

7 Bornes d'intégration

`\@@_has_pm_p:n`

On définit une macro conditionnelle qui va gérer la syntaxe `--<limite>`. Elle se contente de vérifier que le premier et deuxième token de l'argument de `limits` correspondent respectivement à `+` et `-`.

```
212 \prg_new_conditional:Npnn \__intexgral_has_pm:n #1 { p }
213 {
214   \bool_lazy_and:nnTF
215     { \exp_args:Ne \str_if_eq_p:nn { \str_item:nn { #1 } { 1 } } { + } }
216     { \exp_args:Ne \str_if_eq_p:nn { \str_item:nn { #1 } { 2 } } { - } }
217     { \prg_return_true: }
218     { \prg_return_false: }
219 }
```

`\@@_trim_pm:w`

Ensuite, une macro délimitée est créée afin de supprimer le `+-`

```
220 \cs_new:Npn \__intexgral_trim_pm:w +-#1\q_stop{#1}
```

`\@@_parse_limits:n` ★ `\@@_parse_limits:n {(borne inférieure)}{( borne supérieure)}`, `<mot-clé>`

Cette macro exécute l’une des actions suivantes selon la valeur booléenne qui est vraie:

- Si l’argument est un mot-clé défini pour les bornes, la macro se développe en son contenu en l’inversant si besoin (selon le statut de `\l_@@_invert_limits_bool`).
- Si l’argument débute par les tokens `+-`, supprime ces derniers et ajoute manuellement les signes.
- Si aucune de ces deux conditions n’est remplie, laisse simplement l’argument dans le flux d’entrée.

```
221 \cs_new:Npn \__intexgral_parse_limits:n #1
222 {
223     \bool_case:nF
224     {
225         { \prop_if_in_p:Nn \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 } }
226         {
227             \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_limits_bool
228             {
229                 \exp_last_unbraced:Ne \__intexgral_invert_limits:w
230                 { \prop_item:Nn \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 } }
231                 \q_stop
232             }
233             { \prop_item:Nn \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 } }
234         }
235     } { \__intexgral_has_pm_p:n { #1 } }
236     {
237         -\__intexgral_trim_pm:w #1\q_stop,
238         +\__intexgral_trim_pm:w #1\q_stop
239     }
240 }
241 { #1 }
242 }
```

`\@@_set_limits_regular:`

Une fois que l’argument de la clé `limits` a été converti en une séquence (action effectuée au sein de `.code:n` dans la déclaration des clés), on assigne chaque paire de borne à une séquence temporaire. Celle-ci est créée de sorte à ce que si un mot-clé est présent, il est substitué à ses bornes correspondantes en vertu de la macro précédente. L’action est exécutée dans un développement de type `\romannumeral` afin d’éviter le développement des bornes contenant des macros fragiles (type `\mathbb`). On peut alors extraire la borne inférieure et la borne supérieure de cette séquence pour les assigner à leur séquence respective.

```
243 \cs_new_protected:Nn \__intexgral_set_limits_regular:
244 {
245     \seq_map_inline:Nn \l__intexgral_limits_seq
246     {
247         \seq_set_split:Nnf \l_tmpa_seq { , }
248         { \__intexgral_parse_limits:n { ##1 } }
249         \seq_put_right:Ne \l__intexgral_lower_limits_seq
250         { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 } }
251         \seq_put_right:Ne \l__intexgral_upper_limits_seq
```

```

252         { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 } }
253     }
254 }

```

\@@_set_limits_starred:

La macro suivante est similaire à la précédente, mais elle s'occupe des bornes sous forme d'intervalle lorsque la clé `limits*` est utilisée.

```

255 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_set_limits_starred:
256 {
257     \seq_map_indexed_inline:Nn \l__intexgral_limits_seq
258     {
259         \seq_set_split:Nnf \l_tmpa_seq { , }
260         { \__intexgral_parse_limits:n { ##2 } }
261         \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_limits_bool
262         {
263             \tl_set:Nc \l__intexgral_lower_limit_tl
264             {
265                 \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 }
266                 \tex_mathpunct:D,
267                 \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 }
268             }
269         }
270         {
271             \tl_set:Nc \l__intexgral_lower_limit_tl
272             {
273                 \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 }
274                 \tex_mathpunct:D,
275                 \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 }
276             }
277         }
278         \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_limits_bool
279         { \seq_put_right:Nc \l__intexgral_upper_limits_seq }
280         { \seq_put_right:Nc \l__intexgral_lower_limits_seq }
281         {
282             \str_case_e:nnF { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 } }
283             { { -\infty } { \tex_left:D \c__intexgral_right_bracket_tl } }
284             { \tex_left:D \c__intexgral_left_bracket_tl }
285             \tl_use:N \l__intexgral_lower_limit_tl
286             \str_case_e:nnF { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 } }
287             { { +\infty } { \tex_right:D \c__intexgral_left_bracket_tl } }
288             { \tex_right:D \c__intexgral_right_bracket_tl }
289         }
290     }
291 }

```

\@@_set_limits:nn \@@_set_limits:nn {<borne inférieure>} {<borne supérieure>}

Selon l'option `invert-limits`, cette macro assigne les bornes inférieures et supérieures aux tokens dédiés. Si elle est active, l'assignation devient quelque peu contre-intuitive (la borne inférieure est assignée à `\l__upper_limit_tl` et inversement), mais produira tout de même le résultat attendu. Le développement des bornes est empêché afin d'éviter les problèmes de macros fragiles comme vu précédemment.

```

292 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_set_limits:nn #1#2

```

```

293 {
294   \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_limits_bool
295   {
296     \tl_set:Nc \l__intexgral_lower_limit_tl { \exp_not:n { #2 } }
297     \tl_set:Nc \l__intexgral_upper_limit_tl { \exp_not:n { #1 } }
298   }
299   {
300     \tl_set:Nc \l__intexgral_lower_limit_tl { \exp_not:n { #1 } }
301     \tl_set:Nc \l__intexgral_upper_limit_tl { \exp_not:n { #2 } }
302   }
303 }

```

\@@_generate_integral_sequence:

Une fois les séquences des bornes inférieures et supérieures remplies, on peut utiliser la structure des séquences à notre avantage pour générer automatiquement autant de symboles que nécessaire. On procède à une boucle incrémentée dans laquelle on effectue deux actions:

1. À l'aide de `\@@_set_limits:nn`, on assigne les bornes d'intégrations aux tokens `\l_@@_lower_limit_tl` et `\l_@@_upper_limit_tl` à partir du i^e élément des séquences `\l_@@_lower_limits_seq` et `\l_@@_upper_limits_seq` respectivement.
2. On place à droite (c.-à-d. dans l'ordre) de la séquence `\l_@@_integral_symbol_seq` la macro `\@@_general_integral_symbol:`, qui contient la forme générale d'une intégrale. À noter qu'on développe au maximum son contenu afin de récupérer l'assignation immédiate des tokens.

```

304 \cs_new_protected:Nn \__intexgral_generate_integral_sequence:
305 {
306   \int_set:Nn \l_tmpa_int
307   {
308     \seq_if_empty:NTF \l__intexgral_lower_limits_seq
309     { \seq_count:N \l__intexgral_upper_limits_seq }
310     { \seq_count:N \l__intexgral_lower_limits_seq }
311   }
312   \int_step_inline:nn { \l_tmpa_int }
313   {
314     \__intexgral_set_limits:nn
315     { \seq_item:Nn \l__intexgral_lower_limits_seq { ##1 } }
316     { \seq_item:Nn \l__intexgral_upper_limits_seq { ##1 } }
317     \seq_put_right:Nc \l__intexgral_integral_symbol_seq
318     { \__intexgral_general_integral_symbol: }
319   }
320 }

```

8 Variables

`\@@_parse_variables:n \@@_parse_variables:n {(variable d'intégration)}, <mot-clé>`

Cette macro s'applique à chaque élément de l'argument de la clé `variables` pour vérifier s'il s'agit d'un mot-clé ou d'une liste explicite, de la même manière que pour les limites. Il s'agit principalement de transférer les éléments de `\l_@@_variables_seq` (contenant par exemple « x, y, z ») vers `\l_@@_differential_seq` (qui contiendra « dx, dy, dz »); tout en prenant en compte les différentes options qui ont été appliquées. Dans le cas où aucune variable n'est saisie, la macro s'occupe d'y placer x ou $\vec{r}$ en fonction de la valeur du booléen `\l_@@_vectorial_differential_bool`.

```

321 \cs_new_protected:Nn \__intexgral_parse_variables:
322 {
323     \bool_if:NF \l__intexgral_custom_variables_bool
324     {
325         \bool_if:NTF \l__intexgral_vectorial_differential_bool
326         {
327             \seq_set_eq:NN
328             \l__intexgral_variables_seq
329             \l__intexgral_default_vectorial_variables_seq
330         }
331         {
332             \seq_set_eq:NN
333             \l__intexgral_variables_seq
334             \l__intexgral_default_variables_seq
335         }
336     }
337     \seq_map_indexed_inline:Nn \l__intexgral_variables_seq
338     {
339         \seq_put_right:Ne \l__intexgral_differential_seq
340         {
341             \exp_not:V \l__intexgral_differential_symbol_tl
342             \clist_if_empty:NF \l__intexgral_differential_order_clist
343             {
344                 \c_math_superscript_token
345                 {
346                     \clist_item:Nn
347                     \l__intexgral_differential_order_clist
348                     { ##1 }
349                 }
350             }
351             \bool_if:NT \l__intexgral_vectorial_differential_bool
352             { \exp_not:V \l__intexgral_vectorial_differential_style_tl }
353             { ##2 }
354         }
355     }
356 }
```

9 Syntaxe spéciale

`\@@_retrieve_key_name:w ★ \@@_retrieve_key_name:w <clé>=<valeur> \q_stop`

Afin de gérer la syntaxe spéciale, on commence par créer une macro délimitée qui extrait la valeur de la clé et son nom, et qui ne renvoie que ce dernier.

```
357 \cs_new:Npn \__intexgral_retrieve_key_name:w #1=#2\q_stop { #1 }
```

```
\@@_extract_first_key_name:n \@@_extract_first_key_name:n {⟨argument optionnel d'\integral⟩}
```

On associe ensuite l'argument optionnel reçu par `\integral` à une *comma list* temporaire, dont on extrait le premier élément; on vérifie alors s'il contient un signe «=». Le cas échéant, on emploie la macro précédente pour ne récupérer que le nom de la clé; sinon, on copie simplement le groupe de tokens récupéré dans `\l_@@_key_name_tl`.

```
358 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_extract_first_key_name:n #1
359 {
360   \seq_set_split:Nnn \l_tmpa_seq { : } { #1 }
361   \tl_set:Ne \l_tmpa_tl { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 } }
362   \tl_if_in:NnTF \l_tmpa_tl { = }
363   {
364     \tl_set:Ne \l__intexgral_key_name_tl
365     {
366       \exp_last_unbraced:NV
367       \__intexgral_retrieve_key_name:w \l_tmpa_tl \q_stop
368     }
369   }
370   { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_key_name_tl \l_tmpa_tl }
371 }
```

```
\@@_parse_integral_keys:n \@@_parse_integral_keys:n {⟨première clé de l'argument optionnel⟩}
```

En se servant du module `l3keys`, on peut évaluer si le groupe de tokens capturé correspond à une clé définie, auquel cas on applique directement `\keys_set:nn`. Si le test se révèle négatif, on assigne manuellement les clés en considérant l'argument optionnel comme une séquence à délimiter avec le deux-point. Des séquences temporaires sont employées pour manipuler les différentes parties de l'argument. On vérifie notamment la présence du token `+j` pour activer la clé `jacobian`, et on ajoute la variable par défaut si elle n'est pas spécifiée. Enfin, on assigne les valeurs aux clés `limits`, `variables` et `mode` en fonction des éléments extraits.

```
372 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_parse_integral_keys:n #1
373 {
374   \keys_if_exist:nVTF { integral } \l__intexgral_key_name_tl
375   { \keys_set:nn { integral } { #1 } }
376   {
377     \regex_split:nnN { : } { #1 } \l_tmpa_seq
378     \str_if_eq:eeTF
379     { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 } }
380     { +j }
381     {
382       \exp_args:NNne \seq_set_item:Nnn \l_tmpa_seq { 2 }
383       {
384         \seq_use:Nn
385         \l__intexgral_default_variables_seq
386         { , }
387         +j
388       }
389     }
390     {
391       \int_compare:nNnT { \seq_count:N \l_tmpa_seq } < { 2 }
392       {
393         \seq_put_right:Ne
394         \l_tmpa_seq
```

```

395         { \seq_use:Nn \l__intexgral_default_variables_seq { , } }
396     }
397 }
398 \int_compare:nNt { \seq_count:N \l_tmpa_seq } < { 3 }
399 { \seq_put_right:Nn \l_tmpa_seq { d } }
400 \seq_set_split:Nne \l_tmpb_seq
401 { + }
402 { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 2 } }
403 \keys_set:ne { integral }
404 {
405     limits      = { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 1 } },
406     variables   = { \seq_item:Nn \l_tmpb_seq { 1 } },
407     mode        =
408     {
409         \str_case:enF { \seq_item:Nn \l_tmpa_seq { 3 } }
410         {
411             { d } { default }
412             { n } { nested }
413             { p } { product }
414             { default } { default }
415             { nested } { nested }
416             { product } { product }
417         }
418         { default }
419     },
420     \bool_if:nT
421     {
422         \int_compare_p:nNn { \seq_count:N \l_tmpb_seq } > { 1 }
423         &&
424         \str_if_eq_p:en { \seq_item:Nn \l_tmpb_seq { 2 } } { j }
425     }
426     { jacobian }
427 }
428 }
429 }

```

10 Composition de l'intégrale

`\@@_integral_preconfiguration:`

Avant de pouvoir composer l'intégrale dans le document, un certain nombre de vérifications doivent être effectuées. En effet, selon la combinaison de clés renseignée dans l'argument optionnel, les séquences ne sont pas nécessairement encore remplies. On effectue donc l'ensemble des vérifications suivantes:

- On regarde si l'intégrande doit être séparée en plusieurs parties par les modes `nested` et `product`, auquel cas on remplit la séquence de l'intégrande en séparant les éléments à partir du point-virgule. Sinon, on ajoute simplement l'intégrande (`\l_@@_integrand_tl`) à la séquence.
- On vérifie si la séquence des symboles est vide, signe que la clé `limits*` n'a pas été appelée. En effet, seule l'utilisation de cette dernière engendre l'exécution de toutes les macros présentées en section 7. Dans ce cas-là, on ajoute simplement à la séquence la forme générale de l'intégrale, dont le symbole et les bornes seront éventuellement modifiés par les clés `symbol`, `ulimit` et `llimit`.
- On contrôle ensuite la désactivation des différentielles en plus de détecter la présence de `\differentials` à l'aide d'une expression régulière.

```

430 \cs_new_protected:Nn \__intexgral_integral_preconfiguration:
431 {
432   \bool_if:NTF \l__intexgral_separate_integral_bool
433   {
434     \seq_set_split:NnV
435       \l__intexgral_integrand_seq
436       { ; }
437       \l__intexgral_integrand_tl
438   }
439   {
440     \seq_put_right:NV
441       \l__intexgral_integrand_seq
442       \l__intexgral_integrand_tl
443   }
444   \seq_if_empty:NT \l__intexgral_integral_symbol_seq
445   {
446     \seq_put_right:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq
447     { \__intexgral_general_integral_symbol: }
448   }
449   \bool_if:NF \l__intexgral_deactivate_variables_bool
450   { \__intexgral_parse_variables: }
451   \tl_if_regex_match:VnTF \l__intexgral_integrand_tl { \c{differentials} }
452   { \bool_set_true:N \l__intexgral_manual_differential_bool }
453   { \bool_set_false:N \l__intexgral_manual_differential_bool }
454   \tl_if_regex_match:VnTF \l__intexgral_integrand_tl { \c{jacobian} }
455   { \bool_set_true:N \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
456   { \bool_set_false:N \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
457 }
```

On peut désormais définir l'ensemble des six macros qui serviront à composer une intégrale précise; trois modes autorisés par `mode`, chacun accompagné d'une variante pour les différentielles inversées. On notera par ailleurs que `\differentials` n'est créé

que si le booléen `\l_@@_manual_differential_bool` est vrai, afin d'éviter des définitions inutiles.

10.1 Mode *default*

`\@@_print_default_integral:`

Pour le mode par défaut, on compose dans l'ordre: symbole intégrale, intégrande, jacobien (si applicable), et différentielles. Puisque les éléments sont successifs, on applique `\seq_use:Nn` pour chacune des séquences en insérant un crénage lorsque c'est nécessaire. À noter que si `\l_@@_vectorial_differential_bool` est vrai, on ajoute un point médian et supprime le crénage précédent (pour des raisons d'espacement propres à `\cdot`).

```

458 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_print_default_integral:
459 {
460     \bool_if:NT \l__intexgral_manual_differential_bool
461     {
462         \cs_set_protected:Npn \differentials
463         {
464             \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
465             { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
466         }
467     }
468     \bool_if:nT
469     { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
470     {
471         \cs_set_protected:Npn \jacobian
472         {
473             \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq
474             { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip }
475         }
476     }
477     \seq_use:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq
478     { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_inner_sep_muskip }
479     \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
480     \seq_use:Nn \l__intexgral_integrand_seq { }
481     \bool_if:nT
482     { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
483     {
484         \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
485         \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { }
486     }
487     \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
488     \bool_if:NT \l__intexgral_vectorial_differential_bool
489     { \tex_unkern:D \cdot}
490     \bool_if:NF \l__intexgral_manual_differential_bool
491     {
492         \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
493         { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
494     }
495 }
```

`\@@_print_default_integral_inv:`

Pour les différentielles inversées, rien de bien différent, si ce n'est que `\l_@@_integrand_seq` et `\l_@@_differential_seq` sont interverties.

```

496 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_print_default_integral_inv:
497 {
498   \bool_if:NT \l__intexgral_manual_differential_bool
499   {
500     \cs_set_protected:Npn \differentials
501     {
502       \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
503       { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
504     }
505   }
506   \bool_if:nT
507   { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
508   {
509     \cs_set_protected:Npn \jacobian
510     {
511       \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq
512       { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip }
513     }
514   }
515   \seq_use:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq
516   { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_inner_sep_muskip }
517   \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
518   \bool_if:NF \l__intexgral_manual_differential_bool
519   {
520     \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
521     { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
522   }
523   \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
524   \bool_if:NT \l__intexgral_vectorial_differential_bool
525   { \tex_unkern:D \cdot}
526   \seq_use:Nn \l__intexgral_integrand_seq { }
527   \bool_if:nT { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
528   {
529     \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
530     \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { }
531   }
532 }

```

10.2 Mode *nested*

\@@_print_nested_integral:

Dans le mode imbriqué, on initie une boucle incrémentée où l'on extrait le i^{e} élément de chacune des séquences du symbole, de l'intégrande et du jacobien. Après l'itération, on compose toutes les différentielles à nouveau à l'aide de `\seq_use:Nn`.

```
533 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_print_nested_integral:
534 {
535     \bool_if:NT \l__intexgral_manual_differential_bool
536     {
537         \cs_set_protected:Npn \differentials
538         {
539             \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
540             { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
541         }
542     }
543     \bool_if:nT
544     { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
545     {
546         \cs_set_protected:Npn \jacobian
547         {
548             \seq_gpop_left:NNT \l__intexgral_jacobian_seq \l_tmpa_tl
549             { \tl_use:N \l_tmpa_tl }
550         }
551     }
552     \int_step_inline:nn { \seq_count:N \l__intexgral_integral_symbol_seq }
553     {
554         \seq_item:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq { ##1 }
555         \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
556         \seq_item:Nn \l__intexgral_integrand_seq { ##1 }
557         \bool_if:nT
558         { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
559         {
560             \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
561             \seq_item:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { ##1 }
562         }
563     }
564     \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
565     \bool_if:NF \l__intexgral_manual_differential_bool
566     {
567         \seq_use:Nn \l__intexgral_differential_seq
568         { \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_differential_sep_muskip }
569     }
570 }
```

\@@_print_nested_integral_inv:

Ici, c'est la séquence des différentielles qui apparaît dans la boucle et celle de l'intégrande qui est utilisée à la fin, après l'itération.

```
571 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_print_nested_integral_inv:
572 {
573     \bool_if:nT
574     { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
575     {
576         \cs_set_protected:Npn \jacobian
```

```

577         {
578             \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq
579             { \l__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip }
580         }
581     }
582     \int_step_inline:nn { \seq_count:N \l__intexgral_integral_symbol_seq }
583     {
584         \seq_item:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq { ##1 }
585         \l__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
586         \seq_item:Nn \l__intexgral_differential_seq { ##1 }
587     }
588     \l__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
589     \seq_use:Nn \l__intexgral_integrand_seq { }
590     \bool_if:nT { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
591     {
592         \l__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
593         \seq_use:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { }
594     }
595 }

```

10.3 Mode product

\@@_print_product_integral:

Le mode produit est très similaire au mode imbriqué, dans la mesure où cette fois-ci, toutes les séquences apparaissent dans la boucle. Contrairement aux deux modes précédents, `\differentials` est cette fois-ci définie différemment: elle extrait dans l'ordre les éléments de `\l__@@_differential_seq` puis les affiche. L'extraction est globale au cas où la macro serait employée dans un groupe.

```

596 \cs_new_protected:Npn \l__intexgral_print_product_integral:
597 {
598     \bool_if:nT \l__intexgral_manual_differential_bool
599     {
600         \cs_set_protected:Npn \differentials
601         {
602             \seq_gpop_left:NNT \l__intexgral_differential_seq \l_tmpa_tl
603             { \tl_use:N \l_tmpa_tl }
604         }
605     }
606     \bool_if:nT
607     { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
608     {
609         \cs_set_protected:Npn \jacobian
610         {
611             \seq_gpop_left:NNT \l__intexgral_jacobian_seq \l_tmpa_tl
612             { \tl_use:N \l_tmpa_tl }
613         }
614     }
615     \int_step_inline:nn { \seq_count:N \l__intexgral_integral_symbol_seq }
616     {
617         \seq_item:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq { ##1 }
618         \l__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
619         \seq_item:Nn \l__intexgral_integrand_seq { ##1 }
620         \bool_if:nT
621         { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
622         {

```

```

623         \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
624         \seq_item:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { ##1 }
625     }
626     \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
627     \bool_if:NF \l__intexgral_manual_differential_bool
628     { \seq_item:Nn \l__intexgral_differential_seq { ##1 } }
629 }
630 }

```

\@@_print_product_integral_inv:

De même, peu de changements.

```

631 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_print_product_integral_inv:
632 {
633     \bool_if:NT \l__intexgral_manual_differential_bool
634     {
635         \cs_set_protected:Npn \differentials
636         {
637             \seq_gpop_left:NNT \l__intexgral_differential_seq \l_tmpa_tl
638             { \tl_use:N \l_tmpa_tl }
639         }
640     }
641     \bool_if:nT
642     { \l__intexgral_jacobian_bool && \l__intexgral_manual_jacobian_bool }
643     {
644         \cs_set_protected:Npn \jacobian
645         {
646             \seq_gpop_left:NNT \l__intexgral_jacobian_seq \l_tmpa_tl
647             { \tl_use:N \l_tmpa_tl }
648         }
649     }
650     \int_step_inline:nn { \seq_count:N \l__intexgral_integral_symbol_seq }
651     {
652         \seq_item:Nn \l__intexgral_integral_symbol_seq { ##1 }
653         \bool_if:NF \l__intexgral_manual_differential_bool
654         {
655             \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip
656             \seq_item:Nn \l__intexgral_differential_seq { ##1 }
657         }
658         \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_variable_sep_muskip
659         \seq_item:Nn \l__intexgral_integrand_seq { ##1 }
660         \bool_if:nT
661         { \l__intexgral_jacobian_bool && !\l__intexgral_manual_jacobian_bool }
662         {
663             \__intexgral_mkern:N \l__intexgral_jacobian_sep_muskip
664             \seq_item:Nn \l__intexgral_jacobian_seq { ##1 }
665         }
666     }
667 }

```

10.4 Composition finale

\@@_print_integral:

La macro principale composant l'intégrale incrémente tout d'abord le compteur global permettant de numérotéer chaque intégrale. Ensuite, elle mène les actions préparatoires expliquées précédemment. Enfin, selon le placement des différentielles et du mode d'affichage demandé, l'une des six macros est appelée.

```
668 \cs_new_protected:Nn \__intexgral_print_integral:
669 {
670   \int_gincr:N \g__intexgral_integral_number_int
671   \__intexgral_integral_preconfiguration:
672   \cs_set:Npn \variables
673     { \seq_use:Nn \l__intexgral_variables_seq { , } }
674   \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_differential_bool
675     {
676       \str_case:VnF \l__intexgral_display_mode_str
677       {
678         { default } { \__intexgral_print_default_integral_inv: }
679         { nested } { \__intexgral_print_nested_integral_inv: }
680         { product } { \__intexgral_print_product_integral_inv: }
681       }
682       { \__intexgral_print_default_integral_inv: }
683     }
684   {
685     \str_case:VnF \l__intexgral_display_mode_str
686     {
687       { default } { \__intexgral_print_default_integral: }
688       { nested } { \__intexgral_print_nested_integral: }
689       { product } { \__intexgral_print_product_integral: }
690     }
691     { \__intexgral_print_default_integral: }
692   }
693 }
```

11 Déclaration des clés

La création des clés pour `\integral` et `\IntegralSetup` est relativement triviale. Les quelques actions élémentaires pour les clés `limits` et `variables` qui n'ont pas été couvertes par les macros sont effectuées ici.

```
694 \keys_define:nn { integral }
695 {
696   mode .choice:,
697   mode / default .code:n =
698   {
699     \bool_set_false:N \l__intexgral_separate_integral_bool
700     \str_set:Nn \l__intexgral_display_mode_str { default }
701   },
702   mode / nested .code:n =
703   {
704     \bool_set_true:N \l__intexgral_separate_integral_bool
705     \str_set:Nn \l__intexgral_display_mode_str { nested }
706   },
707   mode / product .code:n =
708   {
```

```

709         \bool_set_true:N \l__intexgral_separate_integral_bool
710         \str_set:Nn \l__intexgral_display_mode_str { product }
711     },
712 mode .default:n = { default },
713
714 limits-mode .choice:,
715 limits-mode / limits .code:n =
716     { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_limits_style_tl \tex_limits:D },
717 limits-mode / nolimits .code:n =
718     { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_limits_style_tl \tex_nolimits:D },
719
720 limits .code:n =
721     {
722         \seq_set_split:Nnn \l__intexgral_limits_seq { ; } { #1 }
723         \__intexgral_set_limits_regular:
724         \__intexgral_generate_integral_sequence:
725     },
726
727 limits* .code:n =
728     {
729         \seq_set_split:Nnn \l__intexgral_limits_seq { ; } { #1 }
730         \__intexgral_set_limits_starred:
731         \__intexgral_generate_integral_sequence:
732     },
733
734 llimit .tl_set:N = \l__intexgral_lower_limit_tl,
735
736 ulimit .tl_set:N = \l__intexgral_upper_limit_tl,
737
738 symbol .code:n =
739     {
740         \cs_if_exist:NTF #1
741         { \tl_set_eq:NN \l__intexgral_integral_symbol_tl #1 }
742         {
743             \msg_warning:nnn { intexgral } { unknown-symb } { #1 }
744             \tl_set_eq:NN \l__intexgral_integral_symbol_tl \int
745         }
746     },
747
748 nint .code:n =
749     {
750         \int_compare:nNnT { #1 } < { 5 }
751         { \msg_warning:nn { intexgral } { use-glyph-instead } }
752         \tl_clear:N \l__intexgral_integral_symbol_tl
753         \int_step_inline:nn { #1 }
754         {
755             \tl_put_right:Nn \l__intexgral_integral_symbol_tl
756             { \int }
757             \int_compare:nNnT { ##1 } < { #1 }
758             {
759                 \tl_put_right:Nn \l__intexgral_integral_symbol_tl
760                 {
761                     \__intexgral_mathchoice:nnnn
762                     { \tex_mkern:D -12mu \scan_stop: }
763                     { \tex_mkern:D -8mu \scan_stop: }
764                     { \tex_mkern:D -4mu \scan_stop: }
765                     { \tex_mkern:D -2mu \scan_stop: }
766                 }

```

```

767     }
768   }
769 },
770
771 domain .code:n =
772 {
773   \tl_set:Nn \l_tmpa_tl { #1 }
774   \seq_set_split:NnV \l__intexgral_domain_seq { * } \l_tmpa_tl
775   \seq_map_inline:Nn \l__intexgral_domain_seq
776   {
777     \tl_if_empty:NF \l__intexgral_lower_limit_tl
778     { \tl_put_right:Nn \l__intexgral_lower_limit_tl { \times } }
779     \tl_set:Ne \l__intexgral_domain_char_tl
780     { \exp_args:Ne \str_uppercase:n { \tl_head:n { ##1 } } }
781     \tl_set:Ne \l__intexgral_domain_dimension_tl
782     { \tl_tail:n { ##1 } }
783     \tl_put_right:Ne \l__intexgral_lower_limit_tl
784     {
785       \exp_not:V \l__intexgral_domain_style_tl
786       { \l__intexgral_domain_char_tl }
787       \c_math_superscript_token { \l__intexgral_domain_dimension_tl }
788     }
789   }
790 },
791
792 domain* .code:n =
793 {
794   \tl_set:Nn \l_tmpa_tl { #1 }
795   \seq_set_split:NnV \l__intexgral_domain_seq { * } \l_tmpa_tl
796   \seq_map_inline:Nn \l__intexgral_domain_seq
797   {
798     \tl_if_empty:NF \l__intexgral_lower_limit_tl
799     { \tl_put_right:Nn \l__intexgral_lower_limit_tl { \times } }
800     \tl_set:Ne \l__intexgral_domain_char_tl
801     { \exp_args:Ne \str_uppercase:n { \tl_head:n { ##1 } } }
802     \tl_set:Ne \l__intexgral_domain_dimension_tl
803     { \tl_tail:n { ##1 } }
804     \tl_put_right:Ne \l__intexgral_lower_limit_tl
805     {
806       \exp_not:V \l__intexgral_domain_style_tl
807       { \l__intexgral_domain_char_tl }
808       \c_math_subscript_token { \l__intexgral_domain_dimension_tl }
809     }
810   }
811 },
812
813 boundary .code:n =
814 { \tl_set:Nn \l__intexgral_lower_limit_tl { \partial #1 } },
815
816 variables .code:n =
817 {
818   \bool_set_true:N \l__intexgral_custom_variables_bool
819   \str_if_eq:nnTF { #1 } { none }
820   { \bool_set_true:N \l__intexgral_deactivate_variables_bool }
821   {
822     \prop_get:NnNTF
823     \g__intexgral_differential_group_keyword_prop { #1 } \l_tmpa_tl
824     {

```



```

825         \seq_set_split:NnV
826         \l__intexgral_variables_seq
827         { , }
828         \l_tmpa_tl
829         \seq_if_exist:cTF { g__intexgral_#1_jacobian_seq }
830         {
831             \seq_set_eq:Nc
832             \l__intexgral_jacobian_seq
833             { g__intexgral_#1_jacobian_seq }
834         }
835         { \msg_warning:nnn { intexgral } { no-jacobian } { #1 } }
836     }
837     { \seq_set_split:Nnn \l__intexgral_variables_seq { , } { #1 } }
838 }
839 },
840
841 jacobian .code:n =
842     { \bool_set_true:N \l__intexgral_jacobian_bool },
843 diff-vec .code:n =
844     { \bool_set_true:N \l__intexgral_vectorial_differential_bool },
845 diff-symb .tl_set:N = \l__intexgral_differential_symbol_tl,
846 diff-order .clist_set:N = \l__intexgral_differential_order_clist,
847 }
848
849 \keys_define:nn { IntegralSetup }
850 {
851     diff-symb .tl_set:N = \l__intexgral_differential_symbol_tl,
852     defaultvar .code:n =
853     {
854         \seq_set_split:Nnn
855         \l__intexgral_default_variables_seq
856         { , } { #1 }
857     },
858     defaultvar* .code:n =
859     {
860         \seq_set_split:Nnn
861         \l__intexgral_default_vectorial_variables_seq
862         { , } { #1 }
863     },
864     postsymbsep .muskip_set:N = \l__intexgral_symbol_post_sep_muskip,
865     varsep .muskip_set:N = \l__intexgral_variable_sep_muskip,
866     diffsep .muskip_set:N = \l__intexgral_differential_sep_muskip,
867     jacobiansep .muskip_set:N = \l__intexgral_jacobian_sep_muskip,
868     innersymbsep .muskip_set:N = \l__intexgral_symbol_inner_sep_muskip,
869     vectorstyle .tl_set:N = \l__intexgral_vectorial_differential_style_tl,
870     domainstyle .tl_set:N = \l__intexgral_domain_style_tl,
871     novar .bool_set:N = \l__intexgral_deactivate_variables_bool,
872 }

```

12 Macros d'interface utilisateur

12.1 Mots-clés pour les bornes

`\@@_new_limits_group:nn` `\@@_new_limits_group:nn {<mot-clé>} {<bornes>}`

Pour le fonctionnement de `\NewLimitsKeyword`, on enregistre le mot clé et sa valeur dans une liste de propriétés. Une particularité qui se doit néanmoins d'être expliquée est qu'il y a un double inversement des bornes: au moment de la création du mot-clé, et au moment d'en extraire son contenu (cf. `\@@_parse_limits:nn`). La raison est qu'il est difficile de rattacher à un mot clé le statut de *borne inversée*. Ainsi, quelle que soit la convention choisie, les bornes sont stockées *dans le même ordre*. Ceci permet également aux mots-clés définis par le package d'être dans le bon ordre, même si la convention est changée après son chargement.

```
873 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_new_limits_group:nn #1#2
874 {
875     \prop_gput:Nne \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 }
876     {
877         \bool_if:NTF \l__intexgral_invert_limits_bool
878             { \__intexgral_invert_limits:w #2\q_stop }
879             { #2 }
880     }
881 }
```

`\NewLimitsKeyword` *Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.3.1.*

```
882 \NewDocumentCommand\NewLimitsKeyword{ m m }
883 {
884     \prop_if_in:NnTF \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 }
885         { \msg_error:nnn { intexgral } { lim-group-alr-def } { #1 } }
886         { \__intexgral_new_limits_group:nn { #1 } { #2 } }
887 }
```

`\RenewLimitsKeyword` *Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.3.1.*

```
888 \NewDocumentCommand\RenewLimitsKeyword{ m m }
889 {
890     \prop_pop:NnNTF \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 } \l_tmpa_tl
891         { \__intexgral_new_limits_group:nn { #1 } { #2 } }
892         { \msg_error:nnn { intexgral } { lim-group-not-def } { #1 } }
893 }
```

`\ProvideLimitsKeyword` *Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.3.1.*

```
894 \NewDocumentCommand\ProvideLimitsKeyword{ m m }
895 {
896     \prop_if_in:NnF \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 }
897         { \__intexgral_new_limits_group:nn { #1 } { #2 } }
898 }
```

\DeclareLimitsKeyword

Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.3.1.

```
899 \NewDocumentCommand\DeclareLimitsKeyword{ m m }
900 {
901     \prop_remove:Nn \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 }
902     \__intexgral_new_limits_group:nn { #1 } { #2 }
903 }
```

12.2 Mots-clés pour les variables

\@@_new_variables_group:nnn \@@_new_variables_group:nnn {<mot-clé>} {<variable>} [*<jacobien>*]

Tout comme pour les bornes, on enregistre les groupes de différentielles dans une liste de propriétés, avec leur nom, leur valeur et éventuellement leur jacobien associé.

```
904 \cs_new_protected:Npn \__intexgral_new_variables_group:nnn #1#2#3
905 {
906     \prop_gput:Nnn \g__intexgral_differential_group_keyword_prop
907     { #1 } { #2 }
908     \tl_if_blank:nF { #3 }
909     {
910         \seq_if_exist:cF { g__intexgral_#1_jacobian_seq }
911         { \seq_new:c { g__intexgral_#1_jacobian_seq } }
912         \seq_gset_split:cnn { g__intexgral_#1_jacobian_seq } { , } { #3 }
913     }
914 }
```

\NewVariableKeyword

Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.4.1.

```
915 \NewDocumentCommand\NewVariableKeyword{ m m o }
916 {
917     \prop_if_in:NnTF \g__intexgral_differential_group_keyword_prop { #1 }
918     { \msg_error:nnn { intexgral } { diff-group-alr-def } { #1 } }
919     { \__intexgral_new_variables_group:nnn { #1 } { #2 } { #3 } }
920 }
```

\RenewVariableKeyword

Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.4.1.

```
921 \NewDocumentCommand\RenewVariableKeyword{ m m o }
922 {
923     \prop_pop:NnNTF \g__intexgral_differential_group_keyword_prop { #1 }
924     \l_tmpa_tl
925     {
926         \seq_gclear:c { g__intexgral_#1_jacobian_seq }
927         \__intexgral_new_variables_group:nnn { #1 } { #2 } { #3 }
928     }
929     { \msg_error:nnn { intexgral } { diff-group-not-def } { #1 } }
930 }
```

\ProvideVariableKeyword

Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.4.1.

```

931 \NewDocumentCommand\ProvideVariableKeyword{ m m o }
932 {
933     \prop_if_in:NnF \g__integragal_differential_group_keyword_prop { #1 }
934     { \__integragal_new_variables_group:nnn { #1 } { #2 } { #3 } }
935 }

```

\DeclareVariableKeyword

Cette macro est documentée en sous-sous-section 4.4.1.

```

936 \NewDocumentCommand\DeclareVariableKeyword{ m m o }
937 {
938     \prop_remove:Nn \g__integragal_differential_group_keyword_prop { #1 }
939     \seq_gclear:c { g__integragal_#1_jacobian_seq }
940     \__integragal_new_variables_group:nnn { #1 } { #2 } { #3 }
941 }

```

12.3 Mots-clés pour les symboles

Cette section ne nécessite pas de macro intermédiaire, puisqu'on modifie directement les clés du module *integral*.

\NewSymbolKeyword

Cette macro est documentée en sous-section 4.5.

```

942 \NewDocumentCommand\NewSymbolKeyword{ m m }
943 {
944     \prop_if_in:NnT \g__integragal_limits_keyword_prop { #1 }
945     { \msg_warning:nnn { integragal } { key-exists-for-lim } { #1 } }
946     \keys_if_exist:nnTF { integral } { #1 }
947     { \msg_error:nnn { integragal } { symb-key-alr-def } { #1 } }
948     {
949         \keys_define:nn { integral }
950         {
951             #1 .meta:n =
952             {
953                 symbol=#2,
954                 llimit=##1
955             },
956         }
957     }
958 }

```

\RenewSymbolKeyword

Cette macro est documentée en sous-section 4.5.

```

959 \NewDocumentCommand\RenewSymbolKeyword{ m m }
960 {
961     \prop_if_in:NnT \g__integragal_limits_keyword_prop { #1 }
962     { \msg_warning:nnn { integragal } { key-exists-for-lim } { #1 } }
963     \keys_if_exist:nnTF { integral } { #1 }
964     {
965         \keys_define:nn { integral }
966         {
967             #1 .undefine:,
968             #1 .meta:n =
969             {

```

```

970             symbol=#2,
971             llimit=##1
972         }
973     }
974 }
975 { \msg_error:nnn { intexgral } { symb-key-not-def } }
976 }

```

\ProvideSymbolKeyword

Cette macro est documentée en sous-section 4.5.

```

977 \NewDocumentCommand\ProvideSymbolKeyword{ m m }
978 {
979     \prop_if_in:NnT \g__intexgral_limits_keyword_prop { #1 }
980     { \msg_warning:nnn { intexgral } { key-exists-for-lim } { #1 } }
981     \keys_if_exist:nnF { integral } { #1 }
982     {
983         \keys_define:nn { integral }
984         {
985             #1 .meta:n =
986             {
987                 symbol=#2,
988                 llimit=##1
989             },
990         }
991     }
992 }

```

\DeclareSymbolKeyword

Cette macro est documentée en sous-section 4.5.

```

993 \NewDocumentCommand\DeclareSymbolKeyword{ m m }
994 {
995     \keys_define:nn { integral }
996     {
997         #1 .undefine:,
998         #1 .meta:n =
999         {
1000             symbol=#2,
1001             llimit=##1
1002         },
1003     }
1004 }

```

12.4 Autres macros

\IntegralSetup

Cette macro est documentée en section 6.

```

1005 \NewDocumentCommand\IntegralSetup{ m }
1006 { \keys_set:nn { IntegralSetup } { #1 } }

```

\intexgralsetup

De même, mais sans oublier de restreindre l'utilisation au préambule.
Cette macro est documentée en section 1.

```

1007 \NewDocumentCommand\intexgralsetup{ m }
1008   { \keys_set:nn { intexgral } { #1 } }
1009 \@onlypreamble\intexgralsetup

```

\invertdiff

Définition assez triviale qui se contente d'inverser le booléen vu au début de l'implémentation.

```

1010 \NewDocumentCommand\invertdiff{ }
1011   { \bool_set_inverse:N \l__intexgral_invert_differential_bool }

```

\differentials \jacobian

On définit ces trois macros de sorte à ce que leur emploi en dehors d'`\integral` déclenche un message d'erreur.

```

1012 \cs_new_protected:Npn \differentials
1013   { \msg_error:nn { intexgral } { differentials-outside } }
1014 \cs_new_protected:Npn \jacobian
1015   { \msg_error:nn { intexgral } { jacobian-outside } }
1016 \cs_new_protected:Npn \variables
1017   { \msg_error:nn { intexgral } { variables-outside } }

```

\integral

La macro finale ne tient qu'en quelques lignes. Si un argument optionnel est fourni, elle effectue les actions nécessaires pour juger de la nature de celui-ci (syntaxe spéciale ou non), et assigne les clés en conséquence. Elle assigne ensuite l'argument principal au token correspondant, avant d'appeler la macro centrale qui compose l'intégrale. Le tout est exécuté dans un groupe afin que toutes les modifications demeurent locales.

Cette macro est documentée en section 2.

```

1018 \NewDocumentCommand\integral{ 0{ } m }
1019   {
1020     \group_begin:
1021     \tl_if_empty:nF { #1 }
1022       {
1023         \__intexgral_extract_first_key_name:n { #1 }
1024         \__intexgral_parse_integral_keys:n { #1 }
1025       }
1026     \tl_set:Nn \l__intexgral_integrand_tl { #2 }
1027     \__intexgral_print_integral:
1028     \group_end:
1029   }

```

13 Configuration du package

La dernière partie du package s'occupe de définir les mots-clés par défaut pour les symboles, les bornes et les variables, ainsi que les paramètres par défaut pour la composition des intégrales.

13.1 Symbole

```

1030 \NewSymbolKeyword{single}      {\int}
1031 \NewSymbolKeyword{double}     {\iint}
1032 \NewSymbolKeyword{triple}     {\iiint}
1033 \NewSymbolKeyword{quadruple}  {\iiiiint}
1034 \NewSymbolKeyword{contour}    {\oint}

```

```

1035 \NewSymbolKeyword{surface}    {\oiint}
1036 \NewSymbolKeyword{volume}    {\oiint}

```

13.2 Bornes

```

1037 \NewLimitsKeyword{ab}          {a, b}
1038 \NewLimitsKeyword{real}        {-\infty, +\infty}
1039 \NewLimitsKeyword{positive}     {0, +\infty}
1040 \NewLimitsKeyword{negative}     {-\infty, 0}
1041 \NewLimitsKeyword{unit}         {0, 1}
1042 \NewLimitsKeyword{circle}       {0, 2\pi}
1043 \NewLimitsKeyword{scircle}      {0, \pi}
1044 \NewLimitsKeyword{qcircle}      {0, \pi/2}
1045 \NewLimitsKeyword{height}       {0, H}
1046 \NewLimitsKeyword{radius}       {0, R}
1047 \NewLimitsKeyword{length}       {0, L}
1048 \NewLimitsKeyword{time}         {0, T}

```

13.3 Variables

```

1049 \NewVariableKeyword{cartesian}  {x, y, z}
1050 \NewVariableKeyword{planar}      {x, y}
1051 \NewVariableKeyword{polar}        {r, \theta} [r]
1052 \NewVariableKeyword{cylindrical} {r, \theta, z} [r]
1053 \NewVariableKeyword{cylindrical*} {\rho, \theta, z} [\rho]
1054 \NewVariableKeyword{spherical}    {r, \theta, \phi} [r^2, \sin\theta]

```

13.4 Paramètres par défaut

```

1055 \IntegralSetup{
1056   diff-symb    = \l__intexgral_default_differential_symbol_tl,
1057   defaultvar   = {x},
1058   defaultvar*  = {r},
1059   varsep       = \thinmuskip,
1060   diffsep      = \thinmuskip,
1061   innersymbsep = {-5mu},
1062   postsymbsep  = {-1mu},
1063   jacobiansep  = {0mu},
1064   vectorstyle  = \vec,
1065   domainstyle  = \mathbb,
1066   novar        = false
1067 }
1068 \end{package}

```

Index

Symbols

_ 93, 97, 101, 105, 109, 113, 118

B

bool commands:

\bool_case:nTF 223
 \bool_if:NTF
 227, 261, 278, 294, 323,
 325, 351, 432, 449, 460, 488,
 490, 498, 518, 524, 535, 565,
 598, 627, 633, 653, 674, 877
 \bool_if:nTF 420, 468, 481, 506,
 527, 543, 557, 573, 590, 606,
 620, 641, 660
 \bool_lazy_and:nnTF 214
 \bool_new:N . 28, 29, 30, 173, 174,
 175, 176, 177, 178
 \bool_set_false:N 453, 456, 699
 \bool_set_inverse:N 1011
 \bool_set_true:N 452, 455, 704,
 709, 818, 820, 842, 844

C

\c 451, 454

\cdot 489, 525

clist commands:

\clist_if_empty:NTF 342
 \clist_item:Nn 346
 \clist_new:N 182

cs commands:

\cs_generate_variant:Nn . 152,
 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159
 \cs_if_exist:NTF 27, 740
 \cs_new:Nn 83
 \cs_new:Npn . 194, 195, 220, 221,
 357
 \cs_new_eq:NN 193
 \cs_new_protected:Nn 243, 304,
 321, 430, 668
 \cs_new_protected:Npn 191, 255,
 292, 358, 372, 458, 496, 533,
 571, 596, 631, 873, 904, 1012,
 1014, 1016
 \cs_set:Npn 672
 \cs_set_protected:Npn 462, 471,
 500, 509, 537, 546, 576, 600,
 609, 635, 644
 \cs_to_str:N 145, 148, 151

D

\DeclareLimitsKeyword 899

\DeclareSymbolKeyword 993

\DeclareVariableKeyword 936

\def 6, 7, 8, 9

\differentials . . 145, 462, 500, 537,
 600, 635, 1012

E

exp commands:

\exp_args:Ne . 215, 216, 780, 801
 \exp_args:NNne 382
 \exp_last_unbraced:Ne . . . 229
 \exp_last_unbraced:NV . . . 366
 \exp_not:n . . 296, 297, 300, 301,
 341, 352, 785, 806

G

group commands:

\group_begin: 1020
 \group_end: 1028

H

hook commands:

\hook_gput_code:nnn 26

I

\iiiint 1033

\iiint 1032

\iint 1031

\infty . . 283, 287, 1038, 1039, 1040

\int 127, 162, 744, 756, 1030

int commands:

\int_compare:nNnTF . . 391, 398,
 750, 757
 \int_compare_p:nNn 422
 \int_gincr:N 670
 \int_gzero_new:N 82
 \int_set:Nn 306
 \int_step_inline:nn . 312, 552,
 582, 615, 650, 753

\int_use:N 86

\l_tmpa_int 306, 312

\integral 1018

\IntegralSetup 1005, 1055

intexgral internal commands:

\l__intexgral_custom_variables_-
 bool 175, 323,
 818
 \l__intexgral_deactivate_-
 variables_bool 29, 449, 820,
 871

<code>\l__intexgral_default_differential_-</code> <code>symbol_tl</code> . 31, 55, 60, 69, 74, 1056	<code>__intexgral_integral_preconfiguration:</code> 430, 671
<code>\l__intexgral_default_variables_-</code> <code>seq</code> 180, 334, 385, 395, 855	<code>\l__intexgral_integral_-</code> <code>symbol_seq</code> 204, 317, 444, 446, 477, 515, 552, 554, 582, 584, 615, 617, 650, 652
<code>\l__intexgral_default_vectorial_-</code> <code>variables_seq</code> ... 181, 329, 861	<code>\l__intexgral_integral_-</code> <code>symbol_tl</code> . 161, 162, 197, 741, 744, 752, 755, 759
<code>\g__intexgral_differential_-</code> <code>group_keyword_prop</code> 184, 823, 906, 917, 923, 933, 938	<code>\l__intexgral_integrand_seq</code> . . 205, 435, 441, 480, 526, 556, 589, 619, 659
<code>\l__intexgral_differential_-</code> <code>order_clist</code> . 182, 342, 347, 846	<code>\l__intexgral_integrand_tl</code> .. 160, 437, 442, 451, 454, 1026
<code>\l__intexgral_differential_-</code> <code>sep_muskip</code> 188, 465, 493, 503, 521, 540, 568, 866	<code>\l__intexgral_invert_differential_-</code> <code>bool</code> 30, 39, 674, 1011
<code>\l__intexgral_differential_-</code> <code>seq</code> 207, 339, 464, 492, 502, 520, 539, 567, 586, 602, 628, 637, 656	<code>__intexgral_invert_limits:w</code> 194, 229, 878
<code>\l__intexgral_differential_-</code> <code>symbol_tl</code> ... 165, 341, 845, 851	<code>\l__intexgral_invert_limits_-</code> <code>bool</code> 28, 35, 227, 261, 278, 294, 877
<code>\l__intexgral_display_mode_-</code> <code>str</code> . 190, 676, 685, 700, 705, 710	<code>\l__intexgral_jacobian_bool</code> 178, 469, 482, 507, 527, 544, 558, 574, 590, 607, 621, 642, 661, 842
<code>\l__intexgral_domain_char_tl</code> .. 168, 779, 786, 800, 807	<code>\l__intexgral_jacobian_sep_-</code> <code>muskip</code> 189, 474, 484, 512, 529, 560, 579, 592, 623, 663, 867
<code>\l__intexgral_domain_dimension_-</code> <code>tl</code> 169, 781, 787, 802, 808	<code>\l__intexgral_jacobian_seq</code> 206, 473, 485, 511, 530, 548, 561, 578, 593, 611, 624, 646, 664, 832
<code>\l__intexgral_domain_seq</code> 179, 774, 775, 795, 796	<code>\l__intexgral_key_name_tl</code> 172, 364, 370, 374
<code>\l__intexgral_domain_style_tl</code> 167, 785, 806, 870	<code>\c__intexgral_left_bracket_tl</code> 170, 284, 287
<code>__intexgral_extract_first_-</code> <code>key_name:n</code> 358, 1023	<code>\g__intexgral_limits_keyword_-</code> <code>prop</code> 183, 225, 230, 233, 875, 884, 890, 896, 901, 944, 961, 979
<code>__intexgral_general_integral_-</code> <code>symbol:</code> 195, 318, 447	<code>\l__intexgral_limits_seq</code> 209, 245, 257, 722, 729
<code>__intexgral_generate_integral_-</code> <code>sequence:</code> 304, 724, 731	<code>\l__intexgral_limits_style_tl</code> .. 32, 45, 47, 198, 716, 718
<code>__intexgral_has_pm:n</code> ... 212	<code>\l__intexgral_lower_limit_tl</code> 163, 200, 263, 271, 285, 296, 300, 734, 777, 778, 783, 798, 799, 804, 814
<code>__intexgral_has_pm_p:n</code> . 235	<code>\l__intexgral_lower_limits_-</code> <code>seq</code> .. 211, 249, 280, 308, 310,
<code>\g__intexgral_integral_-</code> <code>number_int</code> 82, 86, 670	

315
 $\backslash$ l__intexgral_manual_differential_-
 bool 173,
 452, 453, 460, 490, 498, 518,
 535, 565, 598, 627, 633, 653
 $\backslash$ l__intexgral_manual_jacobian_-
 bool 174, 455, 456,
 469, 482, 507, 527, 544, 558,
 574, 590, 607, 621, 642, 661
 $\backslash$ __intexgral_mathchoice:nnnn
 193, 761
 $\backslash$ __intexgral_mkern:N
 191, 465, 474, 478, 479,
 484, 487, 493, 503, 512, 516, 517,
 521, 523, 529, 540, 555, 560,
 564, 568, 579, 585, 588, 592,
 618, 623, 626, 655, 658, 663
 $\backslash$ __intexgral_new_limits_-
 group:nn . 873, 886, 891, 897,
 902
 $\backslash$ __intexgral_new_variables_-
 group:nnn 904, 919, 927, 934,
 940
 $\backslash$ __intexgral_parse_integral_-
 keys:n 372,
 1024
 $\backslash$ __intexgral_parse_limits:n .
 221, 248, 260
 $\backslash$ __intexgral_parse_variables:
 321, 450
 $\backslash$ __intexgral_print_default_-
 integral: 458, 687,
 691
 $\backslash$ __intexgral_print_default_-
 integral_inv: .. 496, 678,
 682
 $\backslash$ __intexgral_print_integral:
 668, 1027
 $\backslash$ __intexgral_print_nested_-
 integral: 533,
 688
 $\backslash$ __intexgral_print_nested_-
 integral_inv: 571,
 679
 $\backslash$ __intexgral_print_product_-
 integral: 596,
 689
 $\backslash$ __intexgral_print_product_-
 integral_inv: 631,
 680
 $\backslash$ __intexgral_retrieve_key_-
 name:w 357,
 367
 $\backslash$ c__intexgral_right_bracket_-
 tl 171, 283,
 288
 $\backslash$ l__intexgral_separate_-
 integral_bool 176, 432, 699,
 704, 709
 $\backslash$ __intexgral_set_limits:nn ..
 292, 314
 $\backslash$ __intexgral_set_limits_-
 regular: 243,
 723
 $\backslash$ __intexgral_set_limits_-
 starred: 255,
 730
 $\backslash$ l__intexgral_symbol_inner_-
 sep_muskip ... 185, 478, 516,
 868
 $\backslash$ l__intexgral_symbol_post_-
 sep_muskip 186, 479, 517, 555,
 585, 618, 655, 864
 $\backslash$ __intexgral_trim_pm:w .. 220,
 237, 238
 $\backslash$ l__intexgral_upper_limit_tl
 .. 164, 202, 297, 301, 736
 $\backslash$ l__intexgral_upper_limits_-
 seq 210, 251, 279, 309,
 316
 $\backslash$ l__intexgral_variable_sep_-
 muskip 187, 487, 523, 564, 588,
 626, 658, 865
 $\backslash$ l__intexgral_variables_seq .
 . 208, 328, 333, 337, 673, 826,
 837
 $\backslash$ l__intexgral_vectorial_-
 differential_bool 177, 325,
 351, 488, 524, 844
 $\backslash$ l__intexgral_vectorial_-
 differential_style_tl 166,
 352, 869
 $\backslash$ __intexgral_warning_msg_-
 header: .. 83, 118, 125, 132,
 139
 $\backslash$ intexgralsetup 1007, 1009
 $\backslash$ invertdiff 1010
 iow commands:
 $\backslash$ iow_newline: 19, 20, 89

J
 $\backslash$ jacobian 148, 471, 509, 546, 576, 609,
 644, 1014

K

keys commands:

`\keys_define:nn` . . 33, 694, 849,
949, 965, 983, 995
`\keys_if_exist:nnTF` . 154, 374,
946, 963, 981
`\keys_set:nn` 375, 403, 1006, 1008

M

`\mathbb` 27, 1065
`\mathchoice` 193
`\mathnormal` 56, 75
`\mathrm` 61, 70
msg commands:

`\msg_critical:nn` 25
`\msg_error:nn` . 1013, 1015, 1017
`\msg_error:nnn` . . 885, 892, 918,
929, 947, 975
`\msg_line_context:` 87
`\msg_new:nnn` 16, 115, 123, 130, 137,
144, 147, 150
`\msg_new:nnnn` 91, 95, 99, 103, 107,
111
`\msg_see_documentation_text:n`
. 21
`\msg_warning:nn` 751
`\msg_warning:nnn` 743, 835, 945,
962, 980

muskip commands:

`\muskip_new:N` 185, 186, 187, 188,
189

N

`\NeedsTeXFormat` 3
`\NewDocumentCommand` 882,
888, 894, 899, 915, 921, 931, 936,
942, 959, 977, 993, 1005, 1007,
1010, 1018
`\NewLimitsKeyword` 113,
118, 882, 1037, 1038, 1039, 1040,
1041, 1042, 1043, 1044, 1045,
1046, 1047, 1048
`\NewSymbolKeyword` 97, 942, 1030, 1031,
1032, 1033, 1034, 1035, 1036
`\NewVariableKeyword` 915, 1049, 1050,
1051, 1052, 1053, 1054
`\NewVarKeyword` 105

O

`\oiint` 1036
`\oint` 1035
`\oint` 1034

P

`\partial` 814
`\phi` 1054
`\pi` 1042, 1043, 1044
prg commands:

`\prg_new_conditional:Npnn` 212
`\prg_return_false:` 218
`\prg_return_true:` 217
`\ProcessKeyOptions` 81
prop commands:
`\prop_get:NnNTF` 822
`\prop_gput:Nnn` . . 157, 875, 906
`\prop_if_in:NnTF` 884, 896, 917,
933, 944, 961, 979
`\prop_if_in_p:Nn` 225
`\prop_item:Nn` 230, 233
`\prop_new:N` 183, 184
`\prop_pop:NnNTF` 890, 923
`\prop_remove:Nn` 901, 938
`\ProvideLimitsKeyword` 894
`\ProvidesExplPackage` 11
`\ProvideSymbolKeyword` 977
`\ProvideVariableKeyword` 931

Q

quark commands:

`\q_stop` . 194, 220, 231, 237, 238,
357, 367, 878

R

regex commands:

`\regex_split:nnN` 377
`\RenewLimitsKeyword` 109, 888
`\RenewSymbolKeyword` 93, 959
`\RenewVariableKeyword` 921
`\RenewVarKeyword` 101
`\RequirePackage` 4, 27
`\rho` 1053

S

scan commands:

`\scan_stop:` . 192, 762, 763, 764,
765

seq commands:

`\seq_count:N` 309, 310, 391, 398,
422, 552, 582, 615, 650
`\seq_gclear:N` 926, 939
`\seq_gpop_left:NNTF` 548, 602,
611, 637, 646
`\seq_gset_split:Nnn` . 158, 912
`\seq_if_empty:NNTF` . . 308, 444
`\seq_if_exist:NNTF` . . 829, 910

`\seq_item:Nn` 250, 252, 265, 267, 273, 275, 282, 286, 315, 316, 361, 379, 402, 405, 406, 409, 424, 554, 556, 561, 584, 586, 617, 619, 624, 628, 652, 656, 659, 664
`\seq_map_indexed_inline:Nn` 257, 337
`\seq_map_inline:Nn` 245, 775, 796
`\seq_new:N` 179, 180, 181, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 911
`\seq_put_right:Nn` 249, 251, 279, 280, 317, 339, 393, 399, 440, 446
`\seq_set_eq:NN` 327, 332, 831
`\seq_set_item:Nnn` 382
`\seq_set_split:Nnn` . . 159, 247, 259, 360, 400, 434, 722, 729, 774, 795, 825, 837, 854, 860
`\seq_use:Nn` . 155, 384, 395, 464, 473, 477, 480, 485, 492, 502, 511, 515, 520, 526, 530, 539, 567, 578, 589, 593, 673
`\l_tmpa_seq` 247, 250, 252, 259, 265, 267, 273, 275, 282, 286, 360, 361, 377, 379, 382, 391, 394, 398, 399, 402, 405, 409
`\l_tmpb_seq` . 400, 406, 422, 424
`\sin` 1054
str commands:
`\str_case:nnTF` . . 409, 676, 685
`\str_case_e:nnTF` 282, 286
`\str_if_eq:nnTF` . . 152, 153, 378, 819
`\str_if_eq_p:nn` . . 156, 215, 216, 424
`\str_item:nn` 215, 216
`\str_new:N` 190
`\str_set:Nn` 700, 705, 710
`\str_uppercase:n` 780, 801

T
 $\mathrm{T}_{\mathrm{E}}\mathrm{X}$ and $\mathrm{L}^{\mathrm{A}}\mathrm{T}_{\mathrm{E}}\mathrm{X} 2_{\epsilon}$ commands:
`\@ifpackagelater` 24
`\@onlypreamble` 1009
`\intexgral@date` 8, 13
`\intexgral@description` . . 9, 15
`\intexgral@module` 6, 12
`\intexgral@version` 7, 14
tex commands:
`\tex_left:D` 283, 284
`\tex_limits:D` 45, 716
`\tex_mathpunct:D` 266, 274
`\tex_mkern:D` 192, 762, 763, 764, 765
`\tex_nolimits:D` 47, 718
`\tex_right:D` 287, 288
`\tex_unkern:D` 489, 525
`\theta` 1051, 1052, 1053, 1054
`\thinmuskip` 1059, 1060
`\times` 778, 799
tl commands:
`\c_space_tl` 86
`\tl_clear:N` 752
`\tl_const:Nn` 170, 171
`\tl_head:n` 780, 801
`\tl_if_blank:nTF` 908
`\tl_if_empty:NTF` 777, 798
`\tl_if_empty:nTF` 1021
`\tl_if_in:NnTF` 362
`\tl_if_regex_match:nnTF` . 451, 454
`\tl_new:N` 31, 32, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172
`\tl_put_right:Nn` 755, 759, 778, 783, 799, 804
`\tl_set:Nn` 55, 60, 69, 74, 263, 271, 296, 297, 300, 301, 361, 364, 773, 779, 781, 794, 800, 802, 814, 1026
`\tl_set_eq:NN` . 45, 47, 162, 370, 716, 718, 741, 744
`\tl_tail:n` 782, 803
`\tl_trim_spaces:n` . 92, 96, 100, 104, 108, 112, 126
`\tl_use:N` 285, 549, 603, 612, 638, 647
`\l_tmpa_tl` 361, 362, 367, 370, 548, 549, 602, 603, 611, 612, 637, 638, 646, 647, 773, 774, 794, 795, 823, 828, 890, 924
token commands:
`\c_math_subscript_token` . 199, 808
`\c_math_superscript_token` 201, 344, 787
`\token_to_str:N` 93, 97, 101, 105, 109, 118, 127

V
`\variables` 151, 672, 1016
`\vec` 1064